

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra telekomunikační techniky**

**Měření automobilových svítlen**  
**Measurement of automobile luminaires**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Babják**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika  
Téma: **Měření automobilových světlů**  
**Measurement of automobile luminaires**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- Světelně-technické požadavky na automobilové svítidlo
- Moderní technologie v oblasti automobilových světlů (světelné zdroje, řízení, tvorba křivky svítivosti)
- Možnosti měření světelně-technických parametrů automobilových světlů
- Specifikace požadavků na vyhodnocení vibrací automobilových světlů z jejich světelného toku
- Měření vibrací automobilové svítidlo na základě kolísání světelného toku

Seznam doporučené odborné literatury:

Literatura:


- [1] Sokanský, K.: Světelná technika. ČVUT, Praha 2011
- [2] Habel, J.: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013
- [3] Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU
- [4] Manuály k výpočetním programům (Relux, Dialux, WILS)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tomáš Novák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použitých informačních zdrojů.

V Ostravě dne: 10. května 2020

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Baljář'.

Podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Tomáši Novákovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této diplomové práce.

## **Abstrakt**

Diplomová práce je zaměřena na téma vyhodnocování normativních parametrů automobilového potkávacího světlometu. V první části jsou rozebírány požadavky na světlomety a vypsány předpisy podle norem, které se mohou na světlomety vztahovat. V druhé části jsou popsány různé typy technologických principů světlometů a také používané světelné zdroje. Ve třetí části najdeme technologii jasového analyzátoru, goniofotometru a jeho využití při měření. Čtvrtý bod se týká praktického měření potkávacích světlometů a jejich vyhodnocení podle předpisů. Poslední bod se zaměřuje na normativní vyhodnocení svítivosti při vibracích světlometu.

## **Klíčová slova:**

Automobilové svítidlo, světlomet, jasová analýza, LED, jas, svítidlo, svítivost, jasový analyzátor

## **Abstract**

The diploma thesis is focused on the evaluation of normative parameters of the car dipped beam. The first part discusses the requirements for luminaires and lists regulations according to standards that may apply to luminaires. The second part describes various types of technological principles of luminaires and also used light sources. In the third part we find technology of luminance analyzer, goniophotometer and its use in measurement. The fourth point concerns the practical measurement of dipped-beam headlamps and their evaluation in accordance with regulations. The last point focuses on the normative evaluation of luminous intensity at vibration of the luminaire.

## **Key words:**

Automotive luminaire, headlight, luminance analysis, LED, brightness, luminaire, brightness analyzer

# Obsah

1	Úvod.....	10
2	Světelně-technické požadavky na automobilové světlomety .....	11
2.1	Světlo obecně .....	11
2.2	Základní principy a světelně technické veličiny .....	12
2.3	Požadavky na světlomety .....	14
2.3.1	R08 – světlomety se žárovkami.....	16
2.3.2	R98 – světlomety s výbojkami .....	18
2.3.3	R128 – LED světlomety jako celek.....	19
2.3.4	R112 – asymetrické světlomety LED.....	20
3	Moderní technologie v oblasti automobilových světlometů (světelné zdroje, řízení, tvorba křivky svítivosti).....	23
3.1	Základní rozdělení podle účelu .....	23
3.1.1	Konstrukce předního světlometu.....	24
3.2	Typy svítidel.....	25
3.2.1	Klasická žárovka .....	25
3.2.2	Xenonová výbojka.....	25
3.2.3	Halogenová žárovka .....	26
3.2.4	LED svítidla .....	28
3.2.5	Srovnání svítidel.....	29
3.3	Rozdělení druhů světlometů.....	29
3.4	Tvorba křivek svítivosti .....	34
4	Možnosti měření světelně-technických parametrů automobilových světlometů .....	36
4.1	Goniofotometr .....	36
4.2	Jasový analyzátor .....	37
4.2.1	Princip jasového analyzátoru.....	37
4.2.2	Aplikace jasového analyzátoru.....	38
4.2.3	Postupy měření jasovým analyzátozem LMK .....	39
5	Požadavky na vyhodnocení vibrací automobilových světlometů z jejich světelného toku. 41	
5.1	Nastavení jasového analyzátoru .....	41
5.2	Ověření vlastností měřicí stěny .....	42
5.3	Praktické měření LED světlometu VW .....	44

5.4	Měření požadovaných bodů dle předpisu pro asymetrické světlometry LED..	47
5.5	Postup a vyhodnocení měření.....	51
6	Měření vibrací automobilového světlometu na základě kolísání světelného toku .....	52
6.1	Vyhodnocení posunu křivky svítivosti o 2° nahoru .....	52
6.2	Vyhodnocení posunu křivky svítivosti o 2° dolů .....	55
6.3	Vyhodnocení statických vibrací. ....	57
7	Závěr .....	58
8	Použité zdroje.....	59



## Seznam obrázků

<i>Obrázek 2-1 Rozdělení viditelného záření podle vlnových délek. [1]</i> .....	11
<i>Obrázek 2-2 Základní křivka svítivosti žárovky v řezu. [8]</i> .....	13
<i>Obrázek 2-3 Znázornění jasu. [8]</i> .....	13
<i>Obrázek 2-4 Kolorimetrický trojúhelník. [18]</i> .....	16
<i>Obrázek 2-5 Homologace předpisem R08. [9]</i> .....	17
<i>Obrázek 2-6 Měřicí body pro světlomet určený pro pravou stranu vozovky. [9]</i> .....	17
<i>Obrázek 2-7 Homologace předpisem R98. [9]</i> .....	18
<i>Obrázek 2-8 Homologace předpisem R128. [9]</i> .....	19
<i>Obrázek 2-9 Seřízení světlometu pomocí rozhraní. [9]</i> .....	20
<i>Obrázek 2-10 Měřicí body pro potkávací světlomet pravostranného provozu. [9]</i> .....	21
<i>Obrázek 3-1 Hlavní světlomet levá H4. [2]</i> .....	24
<i>Obrázek 3-2 Pouzdro na světlomet. [3]</i> .....	24
<i>Obrázek 3-3 Krycí sklo světlometu. [3]</i> .....	25
<i>Obrázek 3-4 Xenonová výbojka. [6]</i> .....	26
<i>Obrázek 3-5 Halogenová žárovka. [5]</i> .....	27
<i>Obrázek 3-6 Porovnání zdrojů, zleva Halogen, Xenon, LED. [7]</i> .....	29
<i>Obrázek 3-7 Parabolický světlomet s optikou na skle. [4]</i> .....	30
<i>Obrázek 3-8 Parabolický světlomet s vícenásobnou odrazovou plochou. [4]</i> .....	31
<i>Obrázek 3-9 Světlomet s projekční optikou. [4]</i> .....	31
<i>Obrázek 3-10 Příklad adaptivního systému. [4]</i> .....	32
<i>Obrázek 3-11 Rozdělení adaptivního systému. [4]</i> .....	33
<i>Obrázek 3-12 Vlevo klasický světlomet a vpravo je maticový světlomet. [10]</i> .....	34
<i>Obrázek 3-13 Znázornění rovin C90-C270 a C0-C180. [8]</i> .....	35
<i>Obrázek 3-14 Znázornění křivky svítivosti. ....</i>	35
<i>Obrázek 4-1 Měřicí soustava s goniofotometrem pro různé typy svítidel. [14]</i> .....	36
<i>Obrázek 4-2 Jasový analyzátor LMK. [16]</i> .....	37
<i>Obrázek 4-3 Princip a schéma jasového analyzátoru. [13]</i> .....	38
<i>Obrázek 4-4 Snímek z jasového analyzátoru. [12]</i> .....	39
<i>Obrázek 4-5 Měření pomocí jasového analyzátoru LMK. [15]</i> .....	39
<i>Obrázek 5-1 Jasový analyzátor LMK EOS 450D. ....</i>	42
<i>Obrázek 5-2 Ukázka zakreslených bodů. ....</i>	43
<i>Obrázek 5-3 Zleva - Jasoměr LS-100, Radiolux 111. ....</i>	44
<i>Obrázek 5-4 Znázornění měření. ....</i>	45
<i>Obrázek 5-5 Měřený světlomet LED. ....</i>	46
<i>Obrázek 5-6 Značka homologace měřeného světlometu. ....</i>	46
<i>Obrázek 5-7 Nákres při měření světlometu. ....</i>	47
<i>Obrázek 5-8 Normativní zakreslení měřených bodů do jasové mapy z LMK. ....</i>	50
<i>Obrázek 6-1 Normativní zakreslení měřených bodů při posunutí světlometu o 2° nahoru. ....</i>	52
<i>Obrázek 6-2 Normativní zakreslení měřených bodů při posunutí světlometu o 2° dolů. ....</i>	55

# 1 Úvod

Má diplomová práce se zaměřuje na požadavky svítivosti automobilových potkávacích světlometů za použití jasového analyzátoru a také vyhodnocení požadovaných svítivostí v daných bodech při vibracích. Jelikož automobilové světlomety patří mezi velice rozvíjející se průmysl, je nutné, aby se také předpisy, kterými se zabývá Evropská hospodářská komise rozvíjela a dokázala reagovat na nové typy světlometů. Vydáváním aktualizací předpisů se snaží pořád reagovat na nové inovace těchto světlometů a dochází tak ke zvýšení bezpečnosti a komfortu na vozovce.

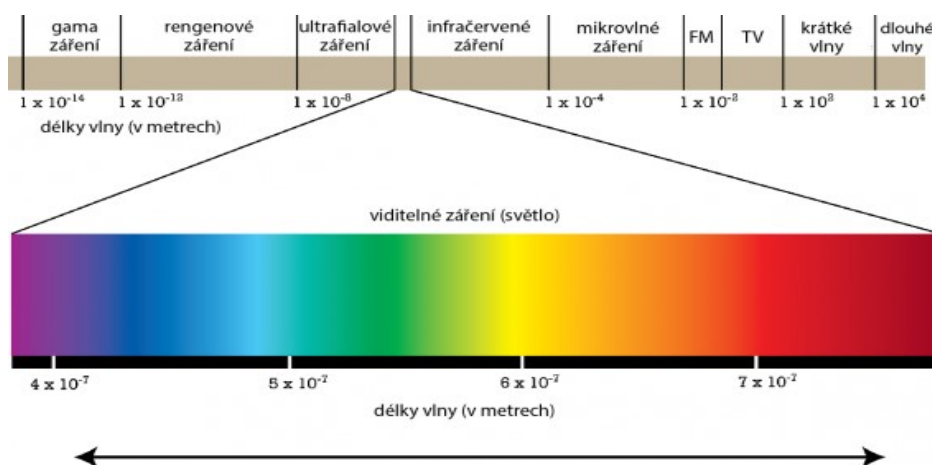
V teoretické části jsou rozebrány základní principy světelné techniky, které se budou následně aplikovat i v praktické části. Dále jsou zde popsány požadavky na automobilové světlomety dle předpisů, a také jejich postupy a vyhodnocování při měření. Nejvíce je rozepsán předpis č. R112 pro asymetrické světlomety, podle kterého bude realizováno praktické měření. Hlavní prvek automobilových světlometů tvoří světelný zdroj, proto byly vybrány čtyři světelné zdroje, blíže rozebrány a srovnány z hlediska světelných parametrů mezi sebou. Důležitý je taky druh světlometu, na jakém principu světelný zdroj vyzařuje světelný tok. Zmíněný je zde i maticový světlomet, který by se měl v budoucnu nejvíce rozvíjet.

Praktická část je zaměřena na měření automobilového světlometu podle předpisu č. R112 a vyhodnocení požadovaných bodů z jasové analýzy. Měření bude probíhat ve školních prostorách těžkých laboratoří nazývaných HARD. Součástí měření bude také stanovení odraznosti měřicí stěny za pomoci více měřících přístrojů pro vyšší přesnost. Měření bude realizováno za pomoci jasového analyzátoru, kterým lze velice rychle získat jasovou mapu celé měřicí stěny. Následně se bude pracovat a vyhodnocovat už jen se samotným programem Labsoft, který je součástí balení jasového analyzátoru. Posledním bodem této práce bude zjišťování požadovaných bodů dle předpisu při vibracích, jestli odpovídají požadovaným mezím. Tedy jakých bodech bude svítivost nedostatečná a ve kterých bodech bude světlomet oslňovat.

## 2 Světelně-technické požadavky na automobilové světlomety

### 2.1 Světlo obecně

Světlo je elektromagnetické záření v určité části elektromagnetického spektra. Viditelné znamená, že je záření pro lidský zrakový orgán přijatelné ve formě obrazu. Obvykle je definované v rozmezí 400-780 nm. V celém spektru se zařazuje mezi infračervené záření a ultrafialové. Hlavním zdrojem viditelného světla na zemi je slunce. Sluneční světlo poskytuje většinu energie, kterou využívají zelené rostliny. Tento proces se nazývá fotosyntéza. Historicky byl dalším důležitým zdrojem světla pro lidi oheň až po petrolejové lampy. Některé druhy zvířat vytvářejí své vlastní světlo, proces se nazývá bioluminiscence. Například světlušky používají světlo k nalezení dalších světlušek. Primární vlastností viditelného světla je intenzita, směr šíření, frekvence vlnových délek a polarizace. Rychlost světla se udává ve vakuu přibližně 300 tis. km/s, je to jedna ze základních konstant přírody. Viditelné světlo, stejně jako ostatní elektromagnetické záření se vždy pohybuje při této rychlosti ve vakuu. To bylo experimentálně zjištěno. Stejně jako všechny typy světla se viditelné světlo absorbuje v malých dávkách a zpět světlo vyzařuje. Každá vlnová délka nám ve spektru reprezentuje určitou barvu. To znamená, že když světlo určité vlnové délky zasáhne na sítnici našeho oka, vnímáme barevný pocit a rozlišíme barvy. Oddělení barev podle vlnových délek pomocí skleněného hranolu se nazývá rozptyl. Dělení začíná od barvy červené(R), oranžové(O), žluté(Y), zelené(G), modré(B) a fialové(V). Proto se viditelná část spektra někdy označuje jako ROY G.BIV. Největší energii má fialová barva, protože má krátké vlnové délky a tím i větší frekvenci. Naopak je tomu u světla červeného. Když všechny vlnové délky viditelného spektra narazí na naše oko v jednu chvíli současně, vnímáme barvu jako bílou. Bílá barva se ve spektru přímo nenachází, není pro ni žádná vlnová délka, ale prakticky to funguje tak, že je to kombinace všech vlnových délek. Černá barva se ve spektru také nevyskytuje přímo, pokud vidíme černou je to způsobeno tím, že máme absenci vlnových délek viditelného spektra. Když budeme v uzavřené místnosti bez světla a vše bude vypadat černě, znamená to, že při pohledu do okolí nejsou žádné vlnové délky viditelného spektra. Spektrum viditelného světla je znázorněno na následujícím obrázku. [17]



Obrázek 2-1 Rozdělení viditelného záření podle vlnových délek. [1]

## 2.2 Základní principy a světelné technické veličiny

### - Světelný tok

Světelný tok nám říká, jaké množství světelné energie, vyzáří zdroj do svého okolí. Jedná se o fotometrickou veličinu, která nám vyjadřuje světelný výkon záření nebo jeho zdroje. Pro výpočet světelného toku použijeme následující vztah:

$$\phi = 683 \cdot \sum_{380}^{780} \Delta P \cdot \Delta V \quad (1)$$

kde nám  $\Delta V$  určuje rozdíl všech poměrů světelné účinnosti s maximální účinností a  $\Delta P$  nám vyjadřuje rozdíl všech výkonů. Jednotkou je lumen na watt ( $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ ).

Světelný tok se při vyzáření na daný objekt rozloží na tři složky. Na ty, co projdou, odrazí se nebo je materiál pohltí. V každém případě se ale musí rovnat 1 podle známého vztahu:

$$\rho + \tau + \alpha = 1 \quad (2)$$

kde  $\rho$  vyjadřuje činitel odrazu,  $\tau$  je činitel prostupu a  $\alpha$  je činitel pohlcení materiálu.

### - Svítivost

Jedná se opět o fotometrickou veličinu, která nám udává kolik světelného toku vyzáří požadovaný zdroj do prostorového úhlu v určitém směru. Jednotkou svítivosti ( $I$ ) je kandela ( $\text{cd}$ ), která patří mezi základní fyzikální veličiny soustavy SI. Kandela je charakterizována jako svítivost daného zdroje, který vyzařuje pod daným úhlem monochromatické záření s intenzitou  $1/683 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1}$  a pro kmitočet  $540 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$ . Svítivost se pak vypočítá ze světelného toku  $\phi$ , který vyzařuje v jednotkovém prostorovém úhlu  $\Omega$ .

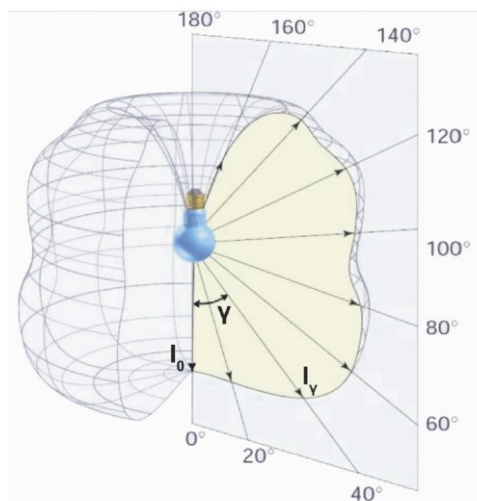
$$I = \frac{d\phi}{d\Omega} \quad (3)$$

kde  $I$  vyjadřuje svítivost,  $d\phi$  je světelný tok a  $d\Omega$  je prostorový úhel, do kterého je světelný tok vyzařován.

Když budeme chtít určit svítivost, budeme zdroj považovat za bodový, takže bude mít zanedbatelné rozměry a vzhledem ke vzdálenosti bodu  $r$ , ke kterému se bude provádět měření zdroje. Abychom mohli zdroj považovat za bodový, musí být splněna tato podmínka.

$$\frac{r}{a} > a \quad (4)$$

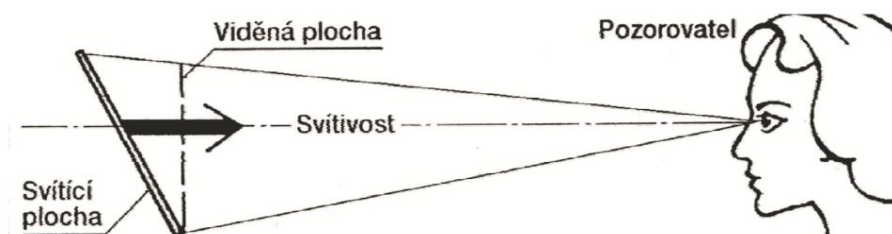
Při praktickém použití je nutné, aby poměr uvedený výše byl větší jak 5, jestliže chceme použít zdroj jako bodový pro měření.



Obrázek 2-2 Základní křivka svítivosti žárovky v řezu. [8]

#### - Jas

Jedná se opět o fotometrickou veličinu, kterou lze charakterizovat jako měrnou svítivost. Je označována písmenem  $L$  a jednotka je kandela na metr čtvereční ( $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Na tuhle veličinu přímo reaguje lidské oko. Znázornění jasu je uvedeno na obrázku níže.



Obrázek 2-3 Znázornění jasu.[8]

Jas se určuje plošnou a prostorovou hustotou světelného toku. Vždy nám tedy záleží na tom, kde se pozorovatel nachází vůči zdroji a na směru jeho pohledu. Jas nám může ovlivňovat i z pouhého odrazu od libovolné plochy.

#### - Prostorový úhel

Další důležitou veličinou ve světelné technice nazývá prostorový úhel. Používá se zejména při výpočtech. Je to část daného prostoru, kterou nám vymezuje kuželová plocha, která na kouli o poloměru  $r$  vytvoří plochu  $A$ . Ve středu koule se nachází vrchol kužele. Prostorový úhel nám jednoduše říká, jak půjde vidět plocha  $A$  ze středu koule (tedy vrcholu kužele). Velikost prostorového úhlu se vypočte ze vzorce:

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (5)$$

kde  $\Omega$  nám vyjadřuje prostorový úhel udávaný ve steradiánech,  $A$  je plocha vytvořená kuželem představující daný prostorový úhel a  $r$  je poloměr kužele. Maximální hodnotu lze vypočíst, když budeme uvažovat povrch celé koule a dostaneme  $\Omega=4\pi$ .

#### - Světlení

Je definováno jako plošná hustota světelného toku  $d\phi_v$ , vyzařovaného z plochy  $dA$ . Jednotkou světlení je lumen na metr čtvereční ( $\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

$$M = \frac{d\phi_v}{dA} \quad (6)$$

#### - Osvětlenost

Osvětlenost (intenzita osvětlení)  $E$  je fotometrická veličina, která je definována jako světelný tok dopadající na jednotku plochy. Jednotkou osvětlenosti je lux. Rozměr jednotky jednoho luxu je definovaný jako lumen na metr čtvereční. Osvětlenost se vypočte podle vzorce níže.

$$E = \frac{d\phi_d}{dA} \quad (7)$$

#### - Kosinův (Lambertův) a čtvercový zákon

Tenhle zákon nám říká, že když světelné paprsky nedopadají kolmo na osvětlovanou plochu, musíme do vzorce osvětlenosti započítat kosinus úhlu pod kterým paprsky dopadly.

$$E = \frac{I \cdot \cos\alpha}{l^2} \quad (8)$$

Kde nám součinitel  $\alpha$  vyjadřuje daný úhel, při kterém paprsky dopadají na osvětlovanou plochu. Když budou paprsky dopadat kolmo (tedy ve směru osy normály procházející touto plochou) bude součinitel  $\alpha$  nulový.

Při použití stejného vzorce výše, je patrné že intenzita osvětlenosti nám klesá přesně s kvadrátem vzdálenosti svítidla od osvětlované plochy, kde dopadají světelné paprsky od zdroje. Podle čtvercového zákona se provádí kalibrace luxmetru, musí však být dodrženo fotometrické vzdálenosti. [8]

## 2.3 Požadavky na světlomety

V této části se budeme zabývat předpisy o jednotných ustanoveních pro schvalování typu vozidel z hlediska zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci. V dnešní době musí všechny motorová vozidla spadat pod různé homologace. Mají za úkol jednoznačně sjednotit technická pravidla pro vozidla

a podmínky homologace vozidel. Především je nutné, aby se u všech vozidel dbalo na bezpečnost při provozu. V následující tabulce bude znázorněno několik předpisů pro osvětlování automobilu a ty, které se týkají předních světlometů budou dále rozepsány.

Tab.1 – Vybrané předpisy osvětlování pro automobilový průmysl

Předpis	Název
R01	Asymetrické světlomety s žárovkami R2 nebo HS1
R03	Odrazky
R04	Osvětlení SPZ
R06	Směrové svítlny
R07	Obrysové a brzdové svítlny
R08	Světlomety s žárovkami H1, H3, H7, H8, H9, H11, HB3, HB4, HIR1, HIR2
R19	Přední mlhové světlomety
R20	Asymetrické světlomety s žárovkou H4
R23	Zpětné světlomety
R38	Zadní mlhové svítlny
R48	Montáž osvětlovací techniky na vozidla
R87	Denní svítlny
R98	Světlomety s výbojkami
R99	Xenonové světelné zdroje
R112	Asymetrické světlomety (žárovky, LED)
R113	Symetrické světlomety, (žárovky, výbojky, LED)
R128	LED světlomety

V této práci se budeme zabývat jen předními světlomety na vozidlo, a to konkrétně potkávacími světlomety. Potkávací světlomet je navržen tak, aby mohl svítit celou dobu jízdy. Světlomet musí být uzpůsoben tak, že neoslňuje protijedoucí účastníky vozovky. Na to se používá výřez clony, která nám způsobí omezení světelného paprsku do oblasti protijedoucího vozidla. Světelné paprsky nám tvoří jakýsi svazek, který nemůže mít ani světlé ani tmavé oblasti. Musí být homogenní co se týče světla.

Před samotnými předpisy je jeden s číslem 48, který nám říká o montáži osvětlení na vozidle a je v něm také obsažena informace o vyzařované bílé barvě světla. Bílá barva je v tomto předpisu charakterizována souřadnicemi, které leží v kolorimetrickém trojúhelníku. Následující souřadnice nám definují přesné hranice bílé barvy. [9]

Tab. 2 – Hranice bílého světla podle předpisu R48

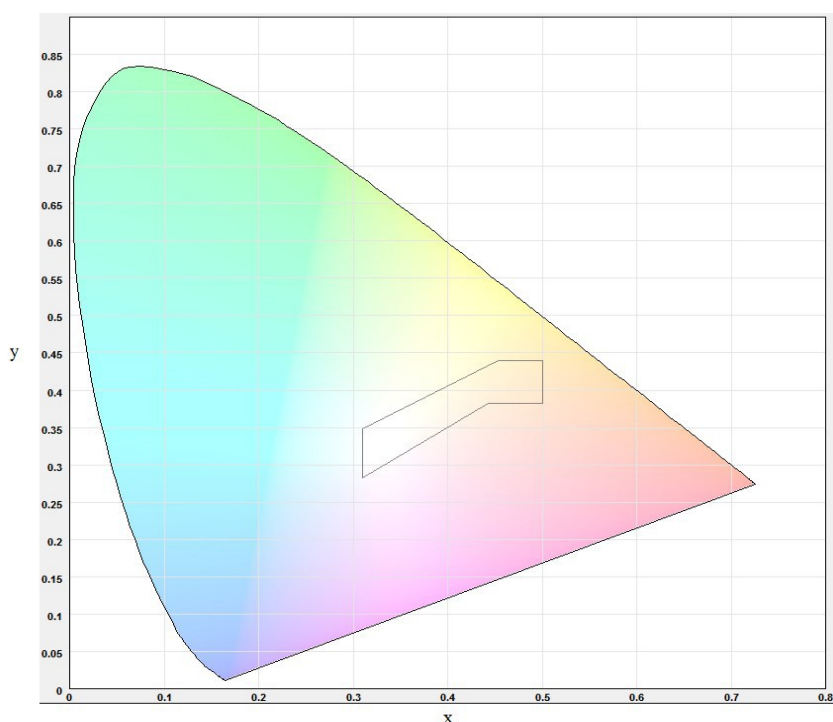
W <sub>12</sub>	hranice zelené:	$y = 0,150 + 0,640 x$
W <sub>23</sub>	hranice nažloutle zelené:	$y = 0,440$
W <sub>34</sub>	hranice žluté:	$x = 0,500$
W <sub>45</sub>	hranice načervenalé purpurové:	$y = 0,382$
W <sub>56</sub>	hranice purpurové:	$y = 0,050 + 0,750 x$
W <sub>61</sub>	hranice modré:	$x = 0,310$

Hranice musí mít své průsečíky a ty jsou definovány v následující tabulce

Tab. 3 - Průsečíky podle předpisu R48

	x	y
<b>W<sub>1</sub></b>	0,310	0,348
<b>W<sub>2</sub></b>	0,453	0,440
<b>W<sub>3</sub></b>	0,500	0,440
<b>W<sub>4</sub></b>	0,500	0,382
<b>W<sub>5</sub></b>	0,443	0,382
<b>W<sub>6</sub></b>	0,310	0,283

Z předešlých tabulek 3 a 4 můžeme v kolorimetrickém trojúhelníku sestavit oblast, která nám budou vymezovat sytost barev až k nule. V obrázku však neuvažujeme intenzitu, ale jen sytost a ton barvy. Diagram je vykreslen ve dvou osách x a y.



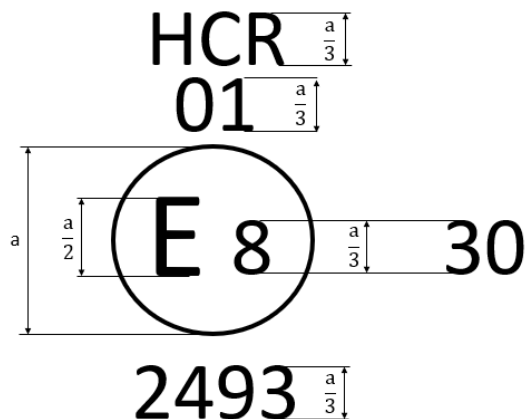
Obrázek 2-4 Kolorimetrický trojúhelník. [18]

### 2.3.1 R08 – světlomety se žárovkami

Tenhle předpis je stanovený pro všechny typy světlometů, které používají plast v rozptylových sklech.

Základní značení pro homologaci musí být umístěno v kružnici a je označováno jako písmeno E. Dále je za něj připsáno číslo, které reprezentuje stát, ve kterém homologace proběhla. Pro naši republiku je přiděleno číslo osm. Potkávací světlo je značeno písmeny HC, a určují, zda vyhovuje daným podmínkám. Dálkové světlo je nazváno podobně HR. Pokud chceme potkávací i dálkové světlo zároveň, je použito HRC.

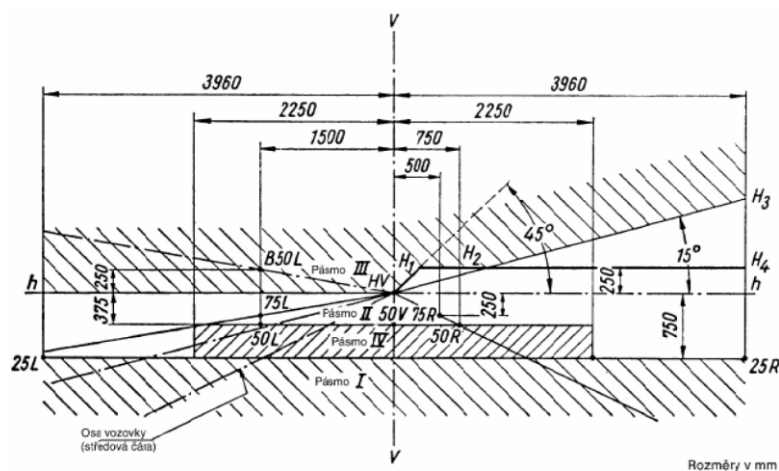




Obrázek 2-5 Homologace předpisem R08. [9]

Výše uvedená značka pro světlomet by byla schválena v české republice E8 pod číslem schválení homologae 2493 a tedy splňuje dané podmínky předpisu v znění změn 01. Potkávací světlo je parametrizované jen pro pravostranný provoz. Písmena HCR nám udává, že se jedná o typ světlometu ve třídě B s potkávacími i dálkovými světly. Číslovka 30 na pravé straně nám říká, v jakých mezích svítivosti může dálkové světlo svítit. Je to v mezích 86 250 – 101 250 kandely pro měření ze vzdálenosti 10 m. Zaznačené písmeno „a“ v obrázku 2-5 by mělo být stejné nebo větší než 12 mm.

Pokud dáme do světlometů vhodné žárovky H1, H2, H3, aj. je požadující, aby dostatečně osvětlovaly vozovku a zároveň neoslňovaly. Za provozuschopný světlomet lze považovat ten, který bude plnit fotometrické požadavky nejméně s jednou žárovkou na 12 V, ta může být dovážena spolu se světlometem. [9]



Obrázek 2-6 Měřící body pro světlomet určený pro pravou stranu vozovky. [9]

Obrázek 2-6 nám ukazuje v jakých mezích musí být světlomet seřízen na zřetelné rozhraní. Je tvořeno horizontální přímkou na protější straně, než je strana provozu. V tomto případě je umístěna na levé straně obrázku a nesmí nám přesáhnout vertikální přímkou HV H1 H4, ta je znázorněna čarou HV H1 a s horizontální čarou vlevo svírá 45 ° úhel. Přímkou nesmí přesahovat ani čarou HV H2, H2 H4.

Pokud by však takto seřízený světlomet stále nesplňoval dané požadavky, je možné daný svazek přesunout o 1° do požadované strany.

Tab. 4 – Požadované vlastnosti potkávacího světla. [9]

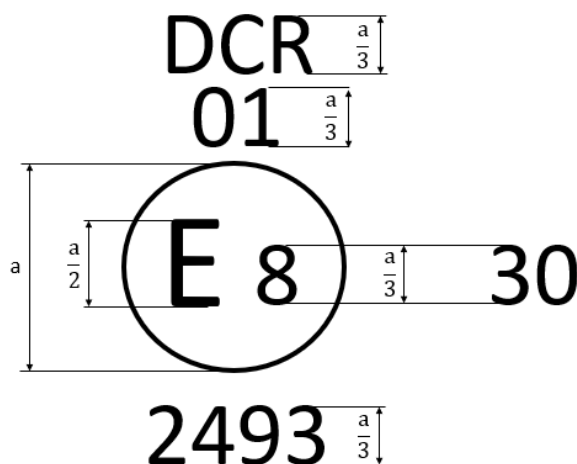
Bod na měřicí stěně				Požadované osvětlení [lx]
Světlomety pro pravostranný provoz		Světlomety pro levostranný provoz		
Bod B	50 L	Bod B	50 L	≤ 0,3
Bod 75	R	Bod 75	R	≥12
Bod 75	L	Bod 75	L	≤12
Bod 50	L	Bod 50	L	≤15
Bod 50	R	Bod 50	R	≥12
Bod 50	V	Bod 50	V	≥ 6
Bod 25	L	Bod 25	L	≥ 2
Bod 25	R	Bod 25	R	≥ 2
Kterýkoli bod v pásmu III				≤ 0,7
Kterýkoli bod v pásmu IV				≥ 3
Kterýkoli bod v pásmu I ≤ 2 x (E50R nebo E50L)				

Pokud světlomet všemu vyhovuje, je nutné ještě vyzkoušet, jestli potkávací světla nebudou nikde oslňovat. [9]

### 2.3.2 R98 – světlomety s výbojkami

Tenhle předpis je stanovený pro všechny typy světlometů, které používají výbojkové zdroje světla v motorových vozidlech.

Značení pro homologaci pro tento předpis se podobá předpisu R08 popsany výše. Hlavní rozdíl je pro značení levostranného a pravostranného provozu. Levostranný provoz je zaznačen písmeny L, G a pravostranný písmeny R, D. Značení pro potkávací světlo je DC, pro dálkové světlo je to DR, a pokud světlomet obsahuje potkávací i dálkové světlo značí se DCR. Příklad značení je ukázán na obrázku níže.



Obrázek 2-7 Homologace předpisem R98.[9]

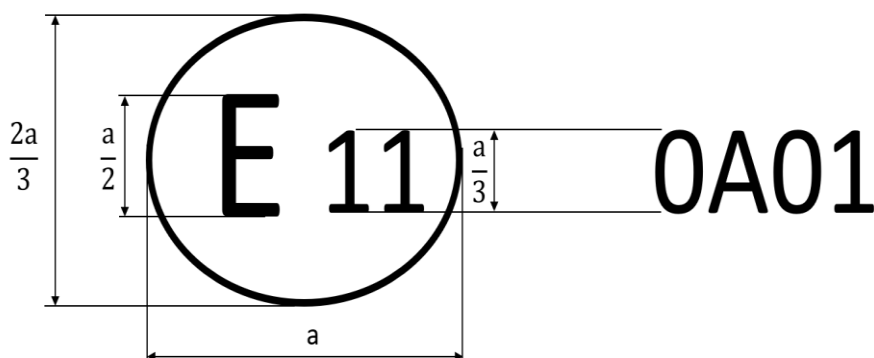
Na obrázku 2-7 vidíme značku pro homologaci světlometu, který byl podle parametrů schválen v České republice (E8), a bylo to provedeno pod schvalovacím číslem 2493. Podle čísla nad kruhem nám splňuje požadavky daného předpisu ve znění změn 01. Podle obrázku byl tenhle světlomet konstruován jen pro pravostranný provoz. Stejně jako u předpisu výše nám číslo vpravo od kruhu (30) udává maximální svítivost dálkového světla v mezích 123 625 - 145 125 kandely při vzdálenosti 10m. U čísel pro schvalování je nutné používat klasické číslice a vyhnout se římským číslicím, aby nedošlo k záměně s jiným symbolem.

Každý světlomet musí být konstruován podle předpisů, a aby při použití vhodných výbojkových zdrojích světla vyzařoval dobré osvětlení pro dálková světla a dostatečné osvětlení pro potkávací světla bez oslnění protijedoucích vozidel.

Aby se docílilo správného nastavení světlometu pro fotometrické měření je nutné aby potkávací světla obsahovaly rozhraní (uvedené na obr 2-9) a docílilo se tak rozložení svítivosti potkávacího světla. Dělíme ho na pravostranný a levostranný provoz. [9]

### 2.3.3 R128 – LED světlometry jako celek

Tento předpis je stanovený pro schvalování zdrojů světla využívajících světelných LED diod určených k použití ve schválených celcích světlometů motorových vozidel.



Obrázek 2-8 Homologace předpisem R128.[9]

Na výše uvedeném obrázku 2-8 je zobrazena značka pro schválení LED zdroje světla, označení E 11 nám udává, že světelný zdroj světla byl schválen v Anglii pod kódem 0A01. První číslo ve schválení nám říká, že bylo uděleno v plném znění podle předpisu č. 128.

Každý vzorek musí splňovat příslušné ustanovení, že zdroje světla LED musejí být konstruovány tak, aby fungovaly dle požadavků a tuto vlastnost si vždy za normálních podmínek zachovaly, zároveň však nesmí vykazovat žádnou konstrukční vadu která by nějak ohrozila jejich činnost.

Zkoušky světla LED se provádí vždy až po zahoření při zkušebním napětí po dobu nejméně 48 hodin. Jedná li se o multifunkční zdroje světla, nechá se každá funkce LED světla zahořet zvlášť.

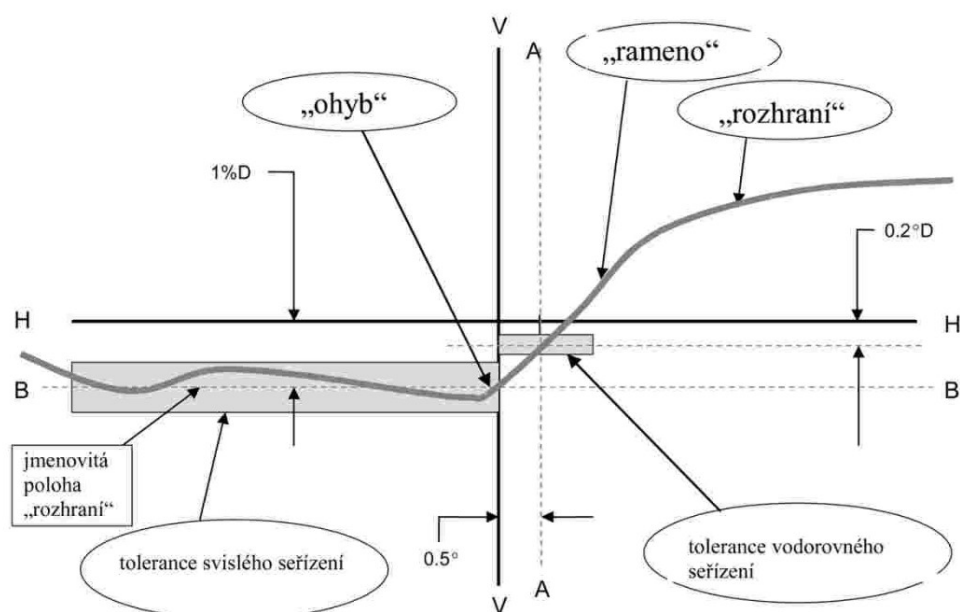
Barva světla vyzařovaného zdroje světla LED musí být specifikována v příslušném datovém listu a každá naměřená hodnota musí ležet v mezích požadované dovolené odchylky. [9]

### 2.3.4 R112 – asymetrické světlomety LED

Daný předpis se týká světlometů s asymetrickým potkávacím nebo dálkovým světlem, které je vybaveno žárovkami nebo LED moduly.

Pro správné nastavení světlometu pro dané fotometrické měření a seřízení na vozidle slouží rozhraní, které je zobrazeno na obrázku níže a je určeno pro pravostranný provoz. Pro tento případ musí rozhraní poskytovat:

- přímou vodorovnou část ve směru vlevo,
- a zdviženou část v místě ohyb-rameno ve směru vpravo.



Obrázek 2-9 Seřízení světlometu pomocí rozhraní.[9]

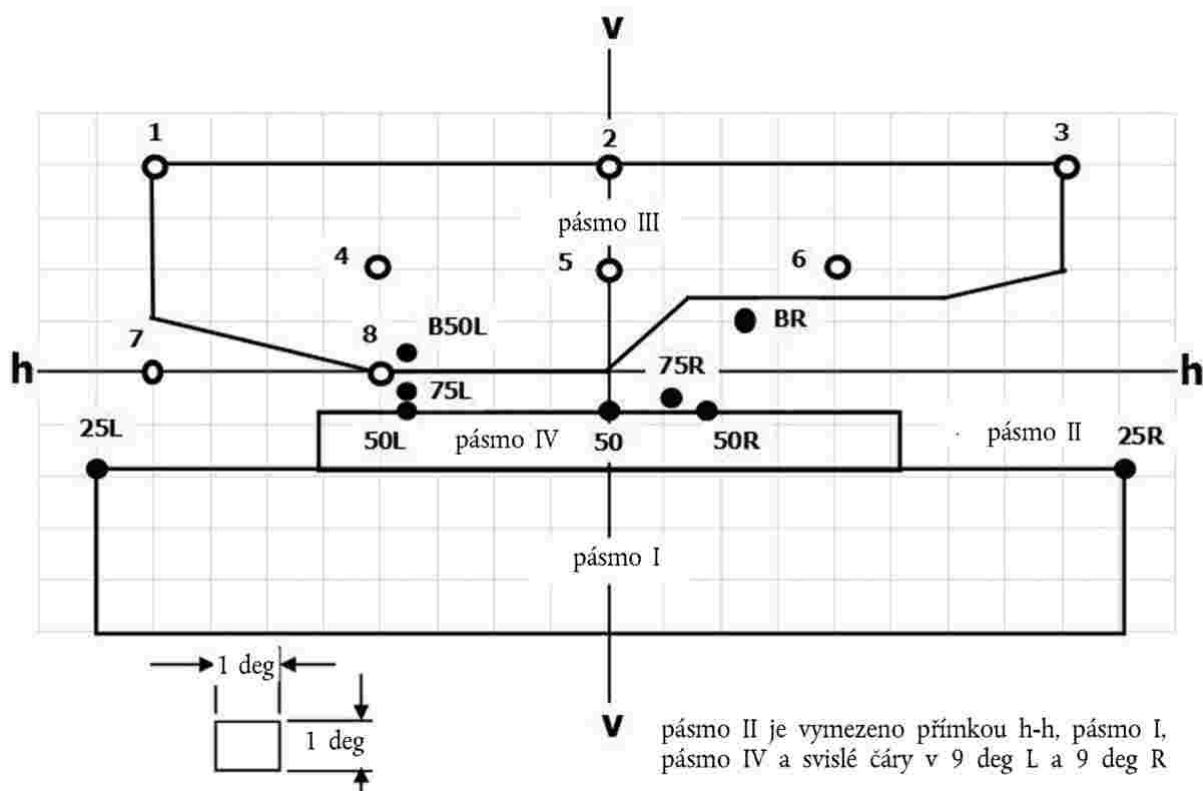
At' už se jedná o levostranný či pravostranný provoz, je nutné, aby místo mezi ohybem a ramenem mělo ostrý kraj. Pokud chceme měřit světlomet za pomoci rozhraní, musíme splnit několik požadavků. Nejprve se musí světlomet zaměřit na stěnu. Ta musí být umístěna minimálně 10 m od světlometu a s osu H-V musí svírat pravý úhel. Aby bylo možné provést ověření nastavení rozhraní potkávacího světlometu, je zapotřebí, aby byla stěna dostatečně široká, v rozsahu nejméně 5 stupňů na každou stranu od přímky V-V. Pro svislé nastavení musíme vodorovnou část rozhraní posunout nahoru nad přímku B a zároveň musí být umístěno pod přímkou H-H o 1 % ( $0,57^\circ$ ). Na obrázku jsou měřítka různá pro svislé a vodorovné přímky.

Nejprve se provede vodorovné nastavení. Budeme posouvat část rozhraní v zaznačeném bodě „ohyb-rameno“. Jedná-li se o pravostranný provoz, bude se posouvat zprava doleva a je nutné, aby bylo vodorovné umístění:

- nad přímkou  $0,2^\circ D$ , a aby část „rameno“ nepřekračovala z levé strany přímku A-A,
- na přímce  $0,2^\circ D$  či pod ní a „rameno“ v tomto bodě překračovalo přímku A-A,
- a část nazvaná „ohyb“ byla v mezích  $\pm 5^\circ$  vpravo nebo vlevo vzdálena od svislé přímky V-V.

Pokud by však takto nastavený světlomet nevyhovoval požadavkům při měření uvedených níže v tabulce č. 5, může se měření lehce pozměnit, avšak za předpokladu, že se neposune osa světelného svazku vodorovně od přímky A-A o více než  $0,75^\circ$  vpravo nebo o  $0,5^\circ$  vlevo. Platí pro pravostranný provoz, kdyby šlo o levostranný, čísla by se pouze vyměnily a obrázek 2-9 by byl zrcadlově otočen kolem osy V-V.

V tabulce uvedené níže jsou vypsané hodnoty pro měření potkávacího světlometu pro pravostranný provoz a musí splňovat hodnotu svítivosti pro předepsané zkušební body zaznačené na obrázku č. 2-10. [9]



Obrázek 2-10 Měřící body pro potkávací světlomet pravostranného provozu.[9]

Tab. 5 – Požadované vlastnosti potkávacího světla pro předpis č. R112. [9]

Světlomety pro levostranný provoz									
Označení zkušebního bodu				Úhlové souřadnice zkušebního bodu – stupně				Požadovaná	
								svítivost (cd)	
								maximální	minimální
B 50 R				0,57 U, 3,43 L				350	
BL				1,0 U, 2,5 R				1 750	
75 L				0,57 D, 1,15 R					10 100
75 R				0,57 D, 3,43 L				10 600	
50 R				0,57 D, 3,43 L				13 200	
50 L				0,86 D, 1,72 R					10 100
50 V				0,86 D, 0					5 100
25 R				1,72 D, 9,0 L					1 700
25 L				1,72 D, 9,0 R					1 700
Kterýkoliv bod v pásmu III (vymezený těmito souřadnicemi ve stupních)								625	
8 L	8 L	8 R	8 R	6 R	1,5 R	V-V	4 L		
1 U	4 U	4 U	2 U	1,5 U	1,5 U	H-H	H-H		
Kterýkoliv bod v pásmu IV (0,86 D až 1,72 D, 5,15 L až 5,15 R)									2 500
Kterýkoliv bod v pásmu I (1,72 D až 4 D, 9 L až 9 R)									
Písmeno L znamená, že bod se nalézá nalevo od přímky V-V.									
Písmeno R znamená, že bod se nalézá napravo od přímky V-V.									
Písmeno U znamená, že bod se nalézá nad přímkou H-H.									
Písmeno D znamená, že bod nebo segment se nalézá pod přímkou H-H.									

### **3 Moderní technologie v oblasti automobilových světlometů (světelné zdroje, řízení, tvorba křivky svítivosti)**

#### **3.1 Základní rozdělení podle účelu**

Světlomet - účel světlometu je totožný u všech typů, a to je dostatečné osvětlení vozovky před nebo za vozidlem.

- Zadní světlomet - je primárně určený k tomu, aby při couvání byla osvětlena vozovka.
- Potkávací světlomet - jeho účelem je zpravidla neoslňovat ani neobtěžovat řidiče jedoucích v opačném směru vozovky či vozidlo před sebou a poskytovat dostatečné osvětlení vozovky.
- Mlhový světlomet - je světlomet, který při zhoršené viditelnosti vlivem mlhy, deště či sněžení zlepšuje osvětlení vozovky.
- Dálkový světlomet - používá se výhradně jen na velké vzdálenosti, kde není možné oslnit jiné účastníky na vozovce.

Svítilna – hlavním účelem je vyžáření malého světelného signálu ostatním řidičům.

- Denní svítilna - svítilna směřující před vozidlo a činí ho lépe viditelné ve dne pro ostatní řidiče.
- Směrová svítilna – svítilna, která má informovat ostatní účastníky na vozovce o změně směru vpravo či vlevo.
- Přední obrysová svítilna – je to svítilna, která označuje přítomnost a šířku vozidla z předního pohledu. [3]

### 3.1.1 Konstrukce předního světlometu

Konstrukce se u některých typů světlometu liší, ale dá se rozlišit na tyto 3 základní části.



Obrázek 3-1 Hlavní světlomet levá H4.[2]

- Funkční části

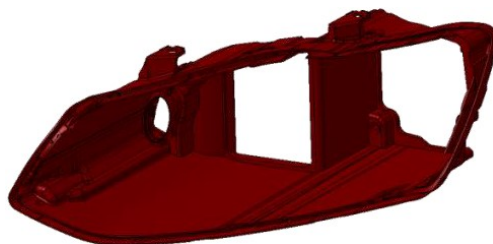
Jedná se o části zařízení, které zajišťují správnou funkci světlometu. Ať už správné nastavení úhlu vyzařování, či u nejnovějších světel natačení celé konstrukce světlometu nebo jejich částí. Jedná se o reflektory, projekční optiku a AFS – adaptivní světlometový systém.



Reflektor

- Plášť

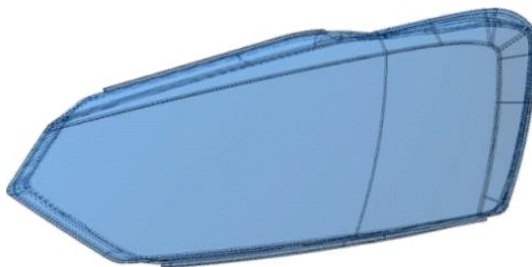
Základní konstrukcí pláště tvoří pouzdro (obr.3-2) a přední sklo (obr.3-3), které má za úkol chránit světlomet. Pouzdro je přichyceno šrouby pod kapotou do konstrukce automobilu. Přední sklo je následně připojeno na pouzdro, buď nalepeno nebo nacvaknuto.



Obrázek 3-2 Pouzdro na světlomet. [3]



Krycí sklo je taky vybaveno UV filtrem, který zabraňuje, aby sklo časem zežloutlo. Nejpoužívanějším materiálem pro krycí sklo je polykarbonát. Používá se tloušťka materiálu 2,3 – 3 mm na který je nanášen lak, aby se zvýšila odolnost povrchu skla proti vnějším vlivům.



Obrázek 3-3 Krycí sklo světlometu. [3]

- Dekorační části

## 3.2 Typy svítidel

### 3.2.1 Klasická žárovka

Žárovka je známý světelný prvek, při kterém se nám vlivem proudu, který protéká wolframovým vláknem nažhaví a emituje světelné záření. Vláknko může být jedno nebo jich může být i více, dle potřeby. Wolframové vlákno je klasicky umístěno ve skleněné baňce, avšak u automobilových žárovek se plní směsí dusíku s argonem za účelem snížení emisí materiálu.

Parametry klasických žárovek:

- |                          |            |
|--------------------------|------------|
| - Světelný tok           | 500 lm,    |
| - Příkon                 | 2-40 W,    |
| - Měrný výkon            | 6-15 lm/W, |
| - Teplota chromatičnosti | 2700 K,    |
| - Životnost              | 1000 h.    |

Klasické žárovky jsou i dnes hodně používány, jak pro vnější, tak i pro vnitřní funkce, nejčastěji pro svítidly. Dnes u nových aut už ale dominují díky velkému měrnému výkonu svítidla, které používají světelný zdroj z LED diod. [3]

### 3.2.2 Xenonová výbojka

Je to vysoce specializovaný typ plynové výbojky, která nemá žádné žhavicí vlákno. Světlo nám vzniká při průchodu proudu mezi dvěma elektrodami skrze ionizovaný plyn pod vysokým tlakem. Baňka je tvořena z křemičitého skla a plnicí plyn je složen z xenonu a přídavných metalických solí. Výbojky však potřebují pro vznik výboje vysokonapěťový impuls, který je přes 20 kV. Pro automobily je pro většinu typů výbojek potřeba napětí kolem 85 V při frekvenci 100 Hz, proto se nemůžou připojit přímo na baterii, ale musí se připojit přes speciální měnič. Výbojka vyzařuje jasně bílé světlo a je podobné dennímu světlu. Hlavní přednost těchto světlometů spočívá v tom, že při stejném příkonu vyzaří asi dvakrát více světla než halogenová žárovka a má taky větší dosvit světelného kuželu. Podle

předpisů pro xenonové světlomety je nutné, aby bylo vozidlo vybaveno automatickým nastavením sklonu světlometů kvůli oslnění protijedoucích vozidel. [3]



Obrázek 3-4 Xenonová výbojka. [6]

Hlavní výhoda těchto světlometů je, že poskytují asi dvojnásob více světla se stejným příkonem než u halogenové žárovky. Světlomet dosahuje teplejších barev, které se přibližují teplotě denního světla. Má i o něco vyšší životnost, a tak se v budoucnu nebudou muset tak často vyměňovat.

Nevýhod je hned několik, jelikož podle zákona pro světlomety se musí pro zdroje s příkonem 335 W a více použít ostřikovací systémy, protože by světelný tok s daným výkonem přesahoval mez 2 000 lm. Výměnu světelného zdroje se doporučuje dělat v servise z bezpečnostního hlediska.

Xenonové světlomety v automobilech jsou ve skutečnosti tvořeny kombinací halogenové žárovky, která se používá pro dálková světla a xenonovou výbojkou, která je použita jen pro potkávací světla. Pokud bychom chtěli i pro dálková světla použít xenonové výbojky, jednalo by se o bixenonové světlomety. [3]

Parametry xenonových výbojek:

- Světelný tok	2400 – 3200 lm,
- Příkon	25 – 35 W,
- Měrný výkon	až 95 lm/W,
- Teplota chromatičnosti	6000 K,
- Životnost	<3000 h.

### 3.2.3 Halogenová žárovka

Jedná se stejně jako u klasické žárovky o baňky plněné plynem s příměsí halogenů nebo jejich sloučenin. Jsou to obyčejné žárovky, které svými technickými parametry a jejich užitečnými vlastnostmi dosáhly svého maxima.

Konstrukce baňky je vyrobena z křemenného skla, ze skloviny, která má vysoký obsah křemičitého skla (žárovky s menším příkonem). Vlákno je tvořeno jednoduše nebo dvojitě svinutou šroubovicí z wolframového drátu se speciálními vlastnostmi nezbytnými pro použití v halogenových žárovkách. Vakuový zátav je buď drátový (používá se u tvrdého skla) nebo pomocí molybdenové fólie (u křemenného skla). Aby vše dobře fungovalo, je nutné splnit podmínku pro dosažení stanoveného života žárovky, aby teplota v místě spojení vnějšího přívodu s fólií nepřesáhla 350° C. Kdyby podmínka

nebyla splněna, došlo by k oxidaci molybdenu a vezmeme-li v úvahu, že daný oxid má mnohem větší objem než čistý kov, dojde k mechanickému porušení stisku, a následně i k znehodnocení prostředí v žárovce.

Dané prostředí v baňce tvoří plyn, které je inertní. Většinou se jedná o krypton, xenon nebo směs těchto plynů. Jestli jde o žárovky s napětím vyšším než 12 V, přidává se do směsi plynů ještě dusík, který nám u žárovek snižuje vznik výboje mezi závity vlákna. Navíc se k inertnímu plynu přidává taky sloučenina obsahující halogen. Na obrázku níže je příklad halogenové žárovky. [3]



Obrázek 3-5 Halogenová žárovka. [5]

Dnes používaná technologie na plnění daného plynu do baňky nám dává možnost (pomocí kapalného dusíku) dosáhnout tlaku při vypnutém stavu několik barů. Při zapnutém stavu se tlak vlivem oteplení ještě zvyšuje, což je kladnou vlastností. Snižuje nám to vypařování wolframu z vlákna, a přitom i zvyšuje životnost žárovek. Ojediněle by však u těchto typů mohlo dojít k explozi žárovky a ohrožení v okolí. To je však vyřešeno tím, že se musí žárovky provozovat s přídatným ochranným sklem.

Parametry halogenových žárovek:

- |                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| - Světelný tok           | 1500 – 1850 lm, |
| - Příkon                 | 55-65 W,        |
| - Měrný výkon            | 14 – 26 lm/W,   |
| - Teplota chromatičnosti | 3000 K,         |
| - Životnost              | 450-550 h.      |

Podstatnou výhodou halogenových světlometů je jejich cena, jednoduchá konstrukce za použití reflektorového nebo projekčního optického systému. Kladným prvkem je jednoduchá výměna, což uživatelé ocení. Používají se jak v potkávacích, tak i v mlhových i dálkových světlometech.

Nevýhodou je velice malý měrný výkon s dodaným příkonem, kratší životnost zdroje, což pak má za následek i častější výměnu. Také zdaleka nedosahuje teploty denního světla, a to může pro řidiče způsobovat zhoršení viditelnosti na vozovce a také rychlejší únavu při jízdě v noci.

V spektrálním složení se podobá klasickým žárovkám, jen má zpravidla vyšší teplotu vlákna a maximální intenzita vyzařování je posunuta směrem k menším vlnovým délkám (světlo je bělejší než u

klasické žárovky). V praxi se často mluví o četnosti zapínání žárovek a jejím vlivu na délku života. Častějším zapínáním, zejména ke konci života, dochází k dřívějšímu přepálení vlákna v porovnání s klasickým režimem obvykle používaným při zkouškách života podle platných norem.[3]

### 3.2.4 LED svítidla

LED diody zařazujeme taky mezi světelné zdroje, i když je vznik světla založen na jiném principu než u ostatních, dříve popsaných světelných zdrojů. Světelné záření u LED diod vzniká P-N přechodem v propustném směru. Při průchodu proudu se rekombinací elektronů a děr v daném valenčním pásmu uvolňuje energie a je vysílána jako forma fotonu, který je zdrojem světelného záření. Spektrum záření u diody se rozlišuje podle chemického složení polovodiče. Ve světě se LED vyrábí nejčastěji ve viditelném pásmu, a to v pestré škále barev, ale najdou se i uplatnění pro ultrafialové a infračervené diody (například u dálkových ovladačů TV).

Parametry LED diod:

- Světelný tok	180 lm/diodu,
- Příkon	15-40 W,
- Měrný výkon	160 – 200 lm/W,
- Teplota chromatičnosti	3000 – 10 000 K (závislost na typu polovodiče),
- Životnost	50 000 h.

Primárně vyzařují v modré oblasti a nedokážou přímo emitovat bílé světlo, ale je to vyřešeno dvěma způsoby. První způsob je založen na použití třech čipů, a jejich následným mísením barev lze dosáhnout vjemu bílého světla. Druhý způsob, který je novější, používá luminofor k transformaci části světelného záření například na žluté světlo a vlivem smíchání vznikne bílá barva. Obecně platí, že čím více přidáme luminoforu, tím více bude mít LED teplejší barvu. Výhodou oproti jiným světelným zdrojům je to, že dokážou pracovat při velice malém proudu a napětí, díky čemuž jsou dnes vysoce požívány v mnoha aplikacích. Regulace jasu je velmi jednoduchá, podle voltampérové charakteristiky víme, že zvýšením, nebo snížením proudu lze regulovat intenzitu jasu. To lze nastavovat pomocí předřadného odporu nebo dnes už pomocí pulzně šířkové modulace, která musí mít velkou frekvenci, aby lidské oko považovalo světelný zdroj za konstantní a nedocházelo k blikání.

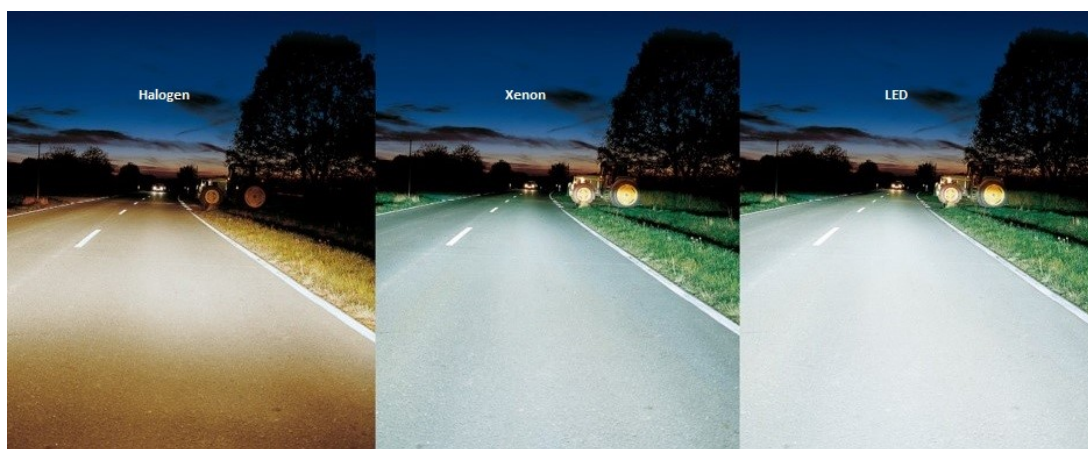
Pokud bychom chtěli zapojit více diod do série, je možné při dostatečně velkém napětí připojit jen jeden omezující rezistor. To však platí jen u malého počtu, u větší počtu by docházelo k poklesu jasu u diod zapojených na konci série. Dnes se například u LED pásků zapojuje omezující odpor před každou diodu zvlášť, aby k tomuto nedocházelo. Nevýhoda a taky stálý problém u těchto světelných zdrojů je zahřívání P-N přechodu a její blízké oblasti, odkud je velmi špatný odvod tepla. Proto se tyto typy pohybují s příkonem v jednotkách wattů. Avšak výhody převažují nad nevýhodami. LED diody mají vysoký měrný výkon, který dnes dosahuje až 150 lm/W, a díky jejím malým rozměrům je můžeme považovat za bodové zdroje. Mají minimální dobu náběhu a rychlou odezvu. Můžou díky konstrukci svítit v libovolné poloze a tvořit tak požadované parametry na svítidla například do automobilu.

Jednoznačnou výhodou je vysoký měrný výkon, a tedy i nízká spotřeba energie. Teplota barev dosahuje denního světla. Výměna u těchto typů by neměla být nikdy potřeba, protože životnost

světelného zdroje převyšuje životnost automobilu jako celku. Díky malým rozměrům je možno vylepšovat design celého světlometu. Světlomet je odolný většinou i proti velkým nárazům.

Pokud však dojde u světelného zdroje k velké změně teploty, může dojít k poklesu světelného výkonu a celkové životnosti. Pokud ho vystavíme vysoké teplotě, je možné lokální přehřátí pouzdra diody a následně může dojít k její poruše. V automobilovém průmyslu je důležitá vysoká spolehlivost, proto se musí teplota u zdrojů regulovat. Velké důraz se klade na stálost a velikost napětí, kterou není možné za žádných okolností přesáhnout, jinak by došlo ke zničení diody. Pokud nám bude světelný tok přesahovat opět mez 2000 lm, musí být podle zákona zabudován ostříkovač. [3,9]

### 3.2.5 Srovnání svítidel



Obrázek 3-6 Porovnání zdrojů, zleva Halogen, Xenon, LED. [7]

Tab.6 – Srovnání Světlometů

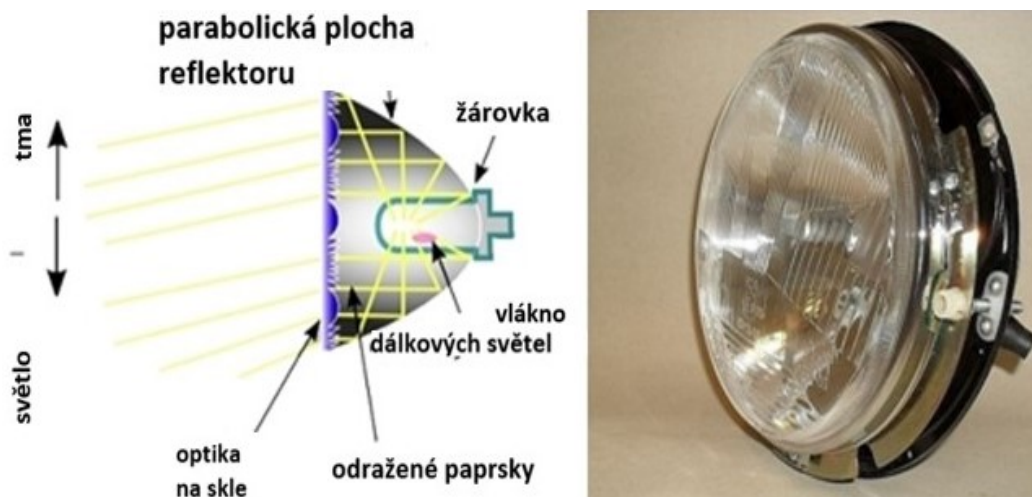
Název	LED	Halogen	Xenon
Světelný tok	1800 lm	1850 lm	3200 lm
Příkon	5 W	55 W	35 W
Měrný výkon	150 lm/W	26 lm/W	90 lm/W
Teplota chromatičnosti	6000 K	3000 K	6000 K
Životnost	50 000 h	450-500 h	<3000 h

### 3.3 Rozdělení druhů světlometů

- Parabolový reflektor s optikou na skle

Je jeden z nejstarších používaných světlometů, který se používal do 90. let 20. století. U tohoto způsobu se využívá vzorů vytvořených pomocnou formou na vnitřní straně krytového skla světlometu. Tyto vzory byly asymetrické a zvládali světlo usměrňovat tak, že v protisměru docházelo jen k osvětlení vozovky, zatím co bližší strana krajnice byla osvětlována do výšky. Využívalo se tam buď klasické vakuové žárovky nebo halogenové žárovky. Ty ale kromě požadovaného světla vytvářeli i velké množství nepotřebného tepla, které se pak koncentrovalo na parabolu s krycím sklem. Takže světla

musely být ochlazované jízdou. Ani to však nepomohlo, aby teplo nezpůsobovalo degradaci odrazového materiálu světlometu, díky čemu nakonec docházelo k zčernání odrazové plochy. Ty se po nějakém čase odloupávali a začali ztrácet svoji účinnost. U tohoto typu světlometu se přepínání mezi potkávacími a dálkovými světlometry řešilo dvojitým vláknem v žárovce. Jedno vlákno je umístěné tak, aby světlo po odrazu paraboly směřovalo pod osu světlometu (potkávací). Druhé vlákno směřuje rovnoběžně s osou světlometu (dálkové). Na obrázku 3-7 je graficky znázorněn parabolický světlomet s optikou na skle. [4]



Obrázek 3-7 Parabolický světlomet s optikou na skle. [4]

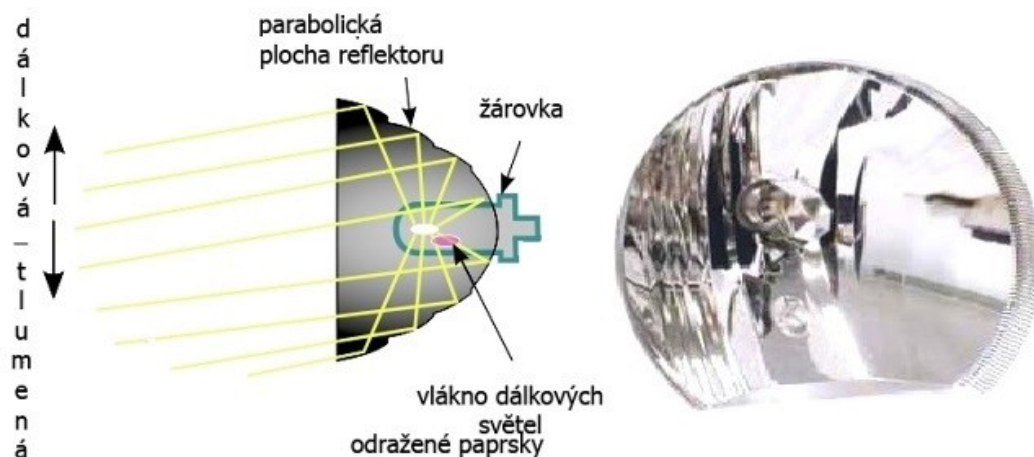
#### - Reflektorová optika

Jedná se o světlomet, který využívá reflektorovou optiku. Plocha reflektoru není tvořena symetrickým útvarem jako u předešlého typu. Je tvořena v prostoru s extrémně velkým množstvím částicových optických segmentů a ty jednotlivě osvětlují části vozovky. Vznik tohoto druhu světlometu nám umožnila výpočetní technika, pomocí které je možné plochy reflektoru uspořádat tak, aby se světelné paprsky ze všech spodních segmentů odrazili na vozovku. Ohyb a rozptyl světelných paprsků je realizován přímo plochou reflektoru a odpadá potřeba skla s optickými elementy a používá jen čisté sklo. [4]

#### S vícenásobnou odrazovou plochou

Je konstrukčně podobný jako světlomet s reflektorem. Celková odrazová plocha reflektoru je rozdělená na jednotlivé částicové optické segmenty. V případě reflektorových světlometů se používají halogenové žárovky nebo xenonové výbojky. [4]



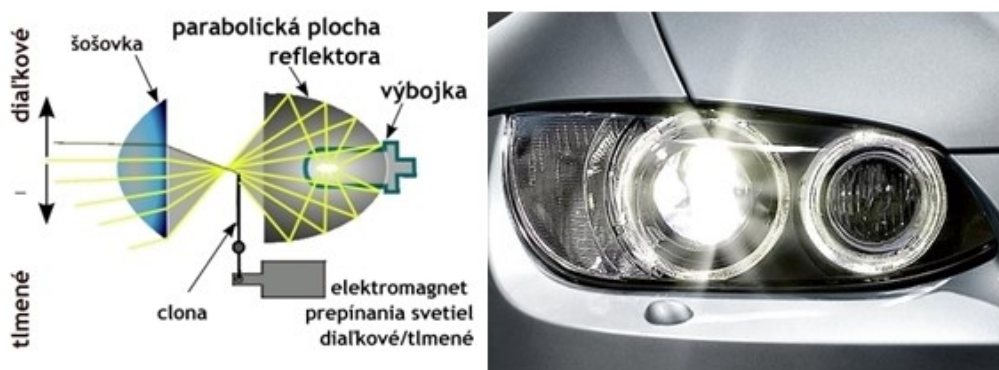


Obrázek 3-8 Parabolický světlomet s vícenásobnou odrazovou plochou. [4]

#### - Projekční optika

Je založena na principu světla, které je emitováno světelným zdrojem a následně se po odrazu od reflektoru dostává přes ohnisko čočky ven. Zvenčí je číré sklo bez optiky. Pro tenhle typ mohou být použity různé zdroje jako halogenová žárovka nebo xenonová výbojka. Krycí sklo bývá nejčastěji konstruováno ze skloviny. Celková konstrukce se podobá diaprojektoru.

Díky malým rozměrům tohoto typu světlometu je umožněno výrobcům automobilů zlepšovat funkce, jako je natočení a přisvětlení zatáček. Konstrukce je ze dvou dvojic xenonových výbojek, kdy první dvojice (venkovní) je napevno připevněna a vyzařuje světelné paprsky v ose vozidla. Další dvojice, která je připevněna na vnitřní straně je otočná a umožňuje při mírném zatáčení v zatáčce natočit dvojici světlometů tak, aby byla vozovka v zatáčce o něco více přisvětlena a zvýšila se bezpečnost při průjezdu. Dneska však existují i dvojice, které se skládají ze xenonového a halogenového světlometu. U tohoto typu xenonový světlomet nepoužívá clonu a je užíván jen jako potkávací světlomet. Funkce dálkového světlometu pak připadá na halogenovou žárovku. [4]



Obrázek 3-9 Světlomet s projekční optikou. [4]

- Adaptivní světlometový systém - AFS

Jako první adaptivní systém byl zpočátku brán jako natáčení světel podle polohy volantu, to bylo ale znatelně vylepšeno adaptivním světlometovým systémem. Velký pokrok nevznikl jen u samotných světelných zdrojů, kde se místo halogenových žárovek používají xenonové výbojky nebo už dnes nejpoužívanější, a ještě účinnější LED diody. Rychlý rozvoj elektronických systémů nám umožňuje používat a zlepšovat osvětlení na vozovce, které je znatelně lepší pro řidiče a vyhovuje taky měnícím se provozním podmínkám.

Tenhle princip světlometu je založen na tom, že se skládá z více individuálních optických segmentů, z kterých má každý segment svůj specifický světelný paprsek.

Činnost těchto segmentů, jako je jejich zapnutí/vypnutí, vertikální a horizontální natočení apod. je ovládána automaticky pomocí signálů které snímají:

- Úhel natočení vozidla
- Směrové svítidla
- Rychlost vozidla
- Navigační systém

V průběhu jízdy se mění kombinace světelných svazků, když jede automobil do 50 km/h rozšíří se osvětlená plocha do šířky, při vyšších rychlostech nad 70 km/h se automaticky roztáhne do dálky. Vepředu je také přídavný systém, který zahrnuje infračervenou kameru, která snímá vozidlo před námi a dle toho spíná či vypíná dálkové světlomety. Tyto světlomety bývají navíc doplněny pomocnými svítidly pro funkci odbočovací světlometů.



Obrázek 3-10 Příklad adaptivního systému. [4]

Na obrázku 3-10 je znázorněn adaptivní systém při odbočení do levé strany. Na obrázku vpravo jsou klasická světla, zatímco na obrázku vlevo jsou odbočovací svítidla, které se natácejí podle polohy volantu a zlepšují tak přehled o situaci na silnici. [4]



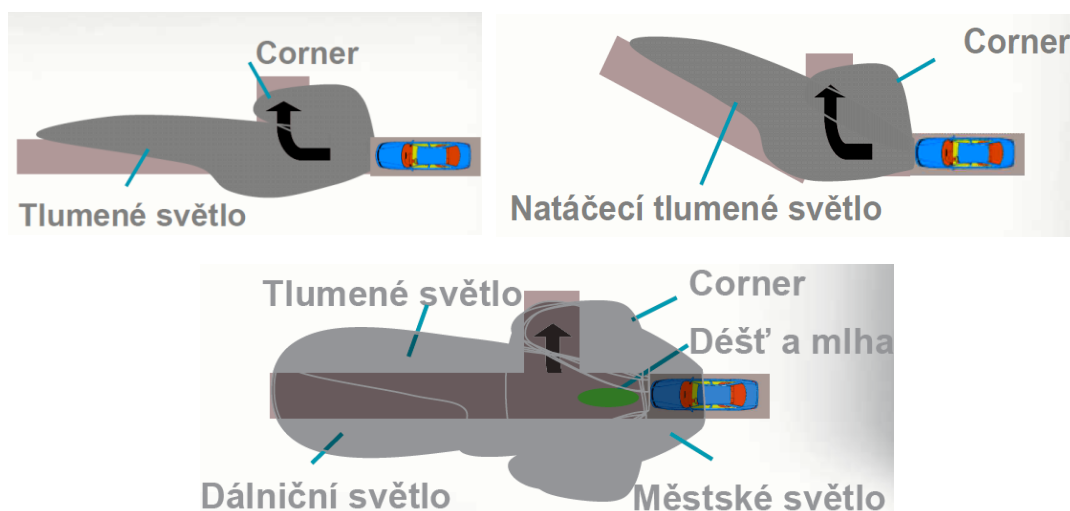
- Rozdělení a funkce adaptivního systému

Dělí se do třech základních skupin, AFS I, AFS II a AFS III.

První skupina obsahuje základní světlomet, který má nenatáčecí tlumené světla a přísvětlení do zatáček pro lepší viditelnost. Znázornění tohoto typu je na obrázku 3-11 vlevo.

Do druhé skupiny patří o něco lepší světlomet, který má podle úhlu natočení volantu natáčecí tlumené světla. Tohle provedení je znázorněno na obrázku 3-11 vpravo.

Poslední skupinu tvoří světlomet, který při zhoršené viditelnosti zapne další svazky světelných paprsků, aby byla docílena požadovaná osvětlenost a dobrý přehled všeho na vozovce. Znázornění je na obrázku 3-11 dole. [4]



Obrázek 3-11 Rozdělení adaptivního systému. [4]

- Maticové světlomety

Nejnovějším typem světlometů je takzvaný maticový světlomet, který se skládá z dvaceti pěti LED diod. Ty jsou sestaveny do pěti skupin po pěti a vytvářejí matici. Každých pět LED diod ve skupině má svůj kovový chladič a také svůj reflektor. Pomocí matice je možno realizovat asi miliardu odlišných kombinací distribuce světla. Potkávací modul je umístěn nad dálkovými světly, které se taky skládají z LED diod a jsou rozděleny do několika skupin. Vespod je umístěn světlomet pro parkovací světla a denní světla. Jsou tvořeny až z třiceti sériových modulů. Aby se LED diody nepřehřívaly ani za vysokých teplot, jsou vybaveny vzduchovým kanálkem a ventilátorem, který nám zajišťuje nucené chlazení.

Konstrukční provedení je tvořeno v plastovém pouzdře, v kterém jsou umístěny všechny prvky a tvoří nám i ochranu před vnějšími vlivy. Zepředu je kryt tvořen průhledným difuzorem.

Aby vše fungovalo, jak má, je zapotřebí elektronického řídicího systému, v kterém je obsažena řídicí jednotka, vstupní zařízení a akční členy. Ve vstupním zařízení je obsažen navigační systém GPS, videokamera a několik senzorů. Informace o kolísání terénu nebo zatáčkách nám dává navigační systém

a videokamera nám zase dává informace o vozidlech na silnici. Světlomety také využívají spoustu jiných systémů automobilu, jako je senzor úhlu řízení, rychlosti, světelný senzor a dešťový senzor. Vstupní informace nám přijímá a zpracovává elektronická řídicí jednotka, která vyhodnotí aktuální situaci a buď zapne nebo vypne jednotlivé LED diody. Otáčení a různé mechanismy nejsou prováděny jako u předešlých xenonových světlometů, ale všechny ovládací funkce se provádějí pomocí statických LED diod a řídicí elektroniky.

Mezi hlavní výhody maticových světlometů patří zejména vyšší bezpečnost, kdy neoslňujeme protijedoucí vozidla, také detekci chodců a jejich zvýraznění, rozpoznání auta a změna světelného paprsku a adaptivní směrové světlo. V současnosti mohou maticové světlomety detekovat až osm aut zároveň. Pokud by byl na silnici zaznamenán chodec nebo zvíře, vydá světlomet třícestný varovný signál dálkovým světlem, který upozorní jak chodce, tak i řidiče.

Dalším prvkem je funkce zatáčecího světla, které pomocí navigačního systému detekuje začátek zatáčky a začne směřovat světelný tok v požadovaném směru ještě předtím, než auto vstoupí do zatáčky. To nám výrazně zvyšuje bezpečnost v noci. V novějších vozech již bylo realizováno i noční vidění pomocí termokamery, které nás až na 130 m upozorní na chodce či jinou překážku na silnici. [11]



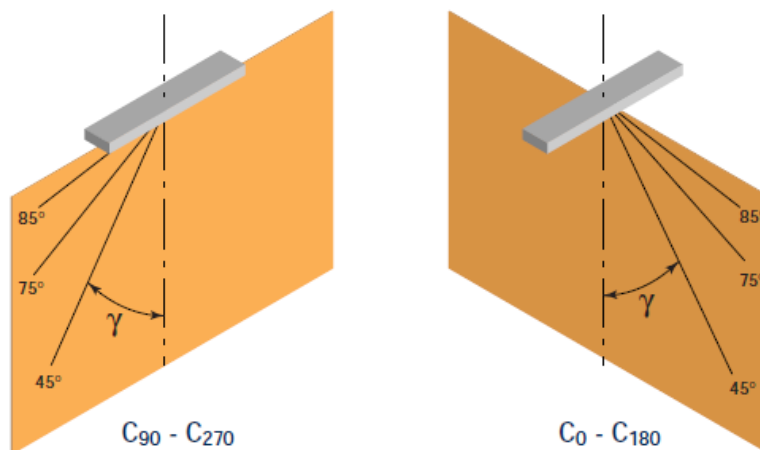
Obrázek 3-12 Vlevo klasický světlomet a vpravo je maticový světlomet. [10]

### 3.4 Tvorba křivek svítivosti

Křivky svítivosti nám popisují svítivost svítidla v daných rovinách, při které svítidlo vyzařuje. U měření považujeme světelný zdroj za bodový. Tato podmínka je však splněna tehdy, jestli je vzdálenost svítidla od měřicího zařízení 6 – 8 krát větší, než je fyzický rozměr měřeného svítidla.

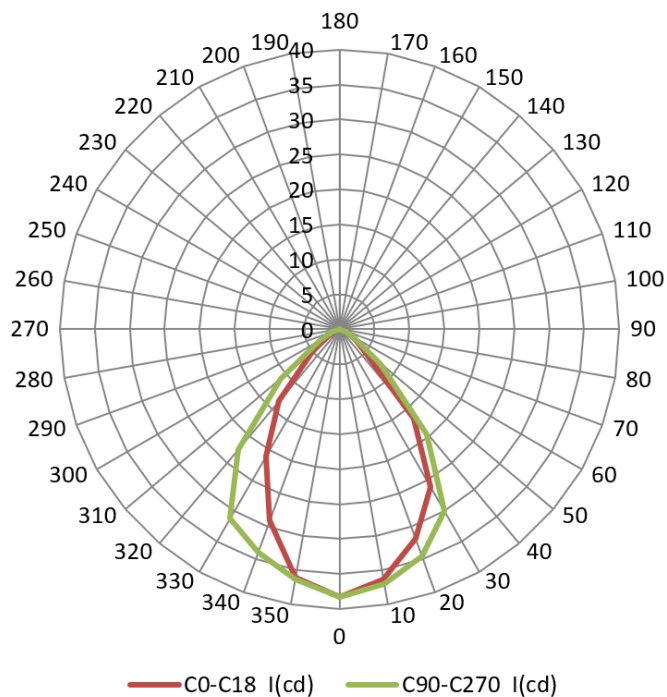
K vyhodnocování svítivosti svítidel v určitém směru se používají goniofotometry. Jedná se o speciální přístroje, které musí být svou konstrukcí natolik pevné, aby se při rotaci nedeformovala nosná část a nedošlo k chybám měření. Jsou tři možnosti konstrukce, které se používají. První je při pevném zdroji i fotometru a otočném zrcadlovém systému. Druhý spočívá v tom, že je pevný zdroj a otáčecí fotometr. Nejčastěji se však používá třetí způsob, kdy je fotometr připevněn napevno a svítidlo je na otočné lavici, aby bylo možné s ním otáčet kolem světelného středu.

Obrázek níže nám ukazuje měření světelného zdroje ve dvou rovinách. První rovina je měřena v ose zdroje, jedná se o rovinu C90 – C270, když budeme postupovat kolmo, bude se jednat o rovinu C0 – C180.



Obrázek 3-13 Znázornění rovin C90-C270 a C0-C180. [8]

Měření světelně-technických parametrů se provádí fyzikálně. Daným fotometrem je pro fyzikální fotometrii fotočlánek luxmetru. Aby měření bylo přesné je důležité, aby střed měřeného svítidla byl umístěn v ose měřicího zařízení. Následně pak při natáčení do stran, musí být světelný střed zdroje přesně ve středu otáčení. Změřené data svítivosti, které se naměřili v různých směrech se vynášejí do grafu v polárních souřadnicích. Ukázka křivky svítivosti světelného zdroje je zobrazena na obrázku níže.

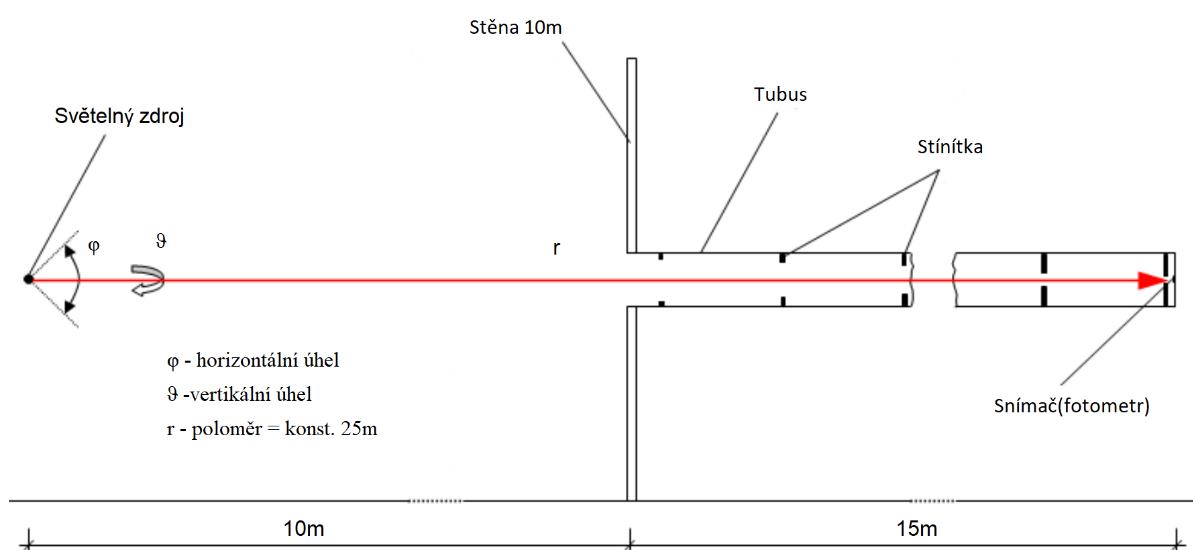


Obrázek 3-14 Znázornění křivky svítivosti.

## 4 Možnosti měření světelně-technických parametrů automobilových světlometů

### 4.1 Goniofotometr

Jako součást vybavení světelné laboratoře je goniofotometr. Ten je zapotřebí, pokud chceme měřit rozložení křivek svítivosti v prostoru. Na obrázku níže je znázorněna situace měření za pomoci goniofotometru. Tenhle typ je pohyblivý v různých směrech (doprava-doleva, dolů-nahoru nebo dozadu-dopředu) a také rotační části ve vertikální i horizontální ose, které tvoří celek. Horizontální osa rotace je napevno umístěna v dané poloze. Fotometr neboli snímač je umístěn ve vzdálenosti 25 m od svítidla. Nejčastěji se jedná o kruh s velikostí 30 mm v průměru, který poskytuje rozlišení v úhlu  $0,7^\circ$  na dané vzdálenosti 25 m. Před každým měřením je nutné zkalibrovat polohu a natočení právě měřeného svítidla. Jako vztažný bod je většinou zvolen střed světelného zdroje. Pokud by však nebyl zvolen střed úplně přesně, byla by chyba měření vůči měřicí vzdálenosti velice malá. Svítidlo je poté zarovnáno do středu a je umístěno v ose ve vzdálenosti 25 m. Jak je vidět na obrázku níže, je mezi goniometrem a světelným zdrojem umístěna dělicí stěna. Ta má v ose snímáče díru o průměru 30 cm. Na tu navazuje směrem ke snímáči 15 m dlouhý tubus. Umístění dělicí stěny je vhodné k lepšímu nasměrování svítidla. Goniometry mají většinou rozsah rotace  $90^\circ$  v každém směru. Jedním z nejlepších parametrů je jeho přesnost a ta dosahuje až  $0,01^\circ$  na jeden krok. U měření chceme, aby snímáč zachycoval pouze přímé paprsky, které vycházejí ze svítidla pod daným úhlem. Proto je v tubusu umístěno několik stínítek, aby se nežádoucí odrazy paprsků nedostaly ke snímáči a nevznikaly by tak další chyby měření. Pokud bychom chtěli měřit velice malou hodnotu osvětlenosti, je to možné až do 0,001 lx, to nám odpovídá při vzdálenosti 25 m 0,625 cd. Vysokou úroveň měření lze také dosáhnout opakovatelností. Měření je tímto způsobem velice účinné, má však ale, což je zřejmé z obrázku, náročné konstrukční požadavky na prostor měřené místnosti. [14]



Obrázek 4-1 Měřicí soustava s goniofotometrem pro různé typy svítidel. [14]

## 4.2 Jasový analyzátor

K měření jasové analýzy se používá jasový analyzátor, který nám představuje digitální fotoaparát, který má navíc opticky nebo pomocí softwaru upravenou citlivost podle křivky citlivosti lidského oka  $V(\lambda)$ . Oproti jasoměru nám jasový analyzátor umožňuje také snímat jasové mapy. Jejich rozlišovací schopnost je dána prostorovým úhlem snímaným jedním pixelem. Pokud bychom chtěli navýšit dynamický rozsah snímaných jasových map, bude zapotřebí využít softwarového překrytí několika stejných snímků, které byly vyfoceny při různých expozicích. Vyhodnocení jasů je prováděno za pomoci softwaru (Lumidisp), a je poupraven, aby šel před měřením nastavit jakýkoliv systém vyhodnocení.

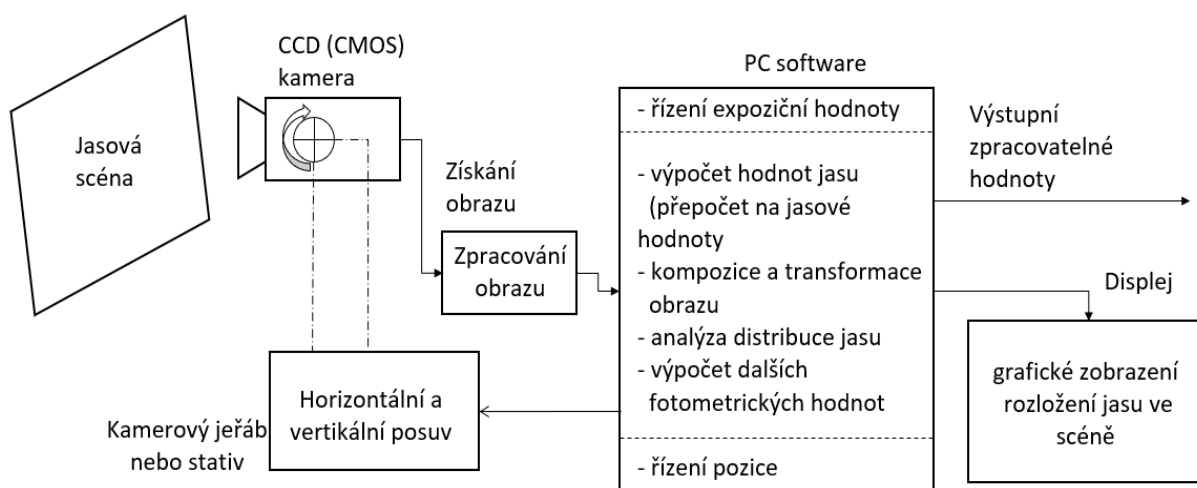


Obrázek 4-2 Jasový analyzátor LMK. [16]

Měření jasovým analyzátozem se realizuje tak, že je světlo vyzářeno z daného světelného zdroje na měřicí plochu z dané vzdálenosti (používáno 10 m), a světelný tok, který dopadá na tuto plochu nám vyvolá osvětlenost. Následkem je jas, který můžeme měřit. Z vykreslených map si můžeme vypočítat svítivost a z ní dopočítat křivky svítivosti. Tím, že je měření provedeno na přídavné odrazné ploše, je tato metoda považována za nepřímé měření křivek svítivosti. Pokud bychom chtěli výsledné jasové mapy, je zapotřebí počítat s úhlovou závislostí změřených křivek svítivosti.[13]

### 4.2.1 Princip jasového analyzátoru

Pokud by, jsme vzali v porovnání ruční jasoměr, bylo by měření jednoduché, avšak by vzniklo několik chyb a problémů. V dnešní době se stále více používá jasový analyzátor, který umí lépe zachytit měřenou situaci daného objektu a také lepší rozložení jasů na vykalibrovaném digitálním snímku pomocí jasových map. Pro měření se používají CCD a CMOS snímače, které nám zahrnují komplexní metodu a zaznamenávají informace o rozložení jasů na objektu. Po měření je na výstupním snímku s velkým rozlišením vidět obraz původního objektu.



Obrázek 4-3 Princip a schéma jasového analyzátoru. [13]

Na obrázku výše je znázorněn jednoduše postup zpracovávání jasového analyzátoru. Skládá se z kamery neboli digitálního fotoaparátu s CMOS nebo CCD snímači. Je připevněn buď na stativu nebo na otočné lavici, aby bylo možné pohybovat v horizontální či vertikální ose. Fotoaparát je vybaven kalibračním zařízením pro měření jasu, aby bylo možné zaznamenat jas dané scény za pomoci fotografie a následně v datovém listu jej poslat dál k následujícímu vyhodnocení. Nedílnou součástí jasového analyzátoru je software, který nám zajišťuje převedení vykresleného snímku na jasovou informaci, ze které je následně možné vyhodnotit pořízená data a informace o jasu. Samozřejmostí jsou také algoritmy, které jsou součástí softwaru. Ty nám zajišťují například komunikaci s kamerou nebo nastavení vstupních parametrů. [13]

#### 4.2.2 Aplikace jasového analyzátoru

Rozdíl mezi konvenčním měřením jasu a měřením jasovým analyzátozem spočívá v získání nejen vizuálního obrazu, ale také komplexního pohledu na distribuci jasu v celém snímku. Není tedy nutné řešit složitý popis místa kde se bude měřit, na snímku bude vidět co bylo změřeno a z jasové mapy budou získány hodnoty jasu v jakémkoliv bodě nebo celé oblasti.

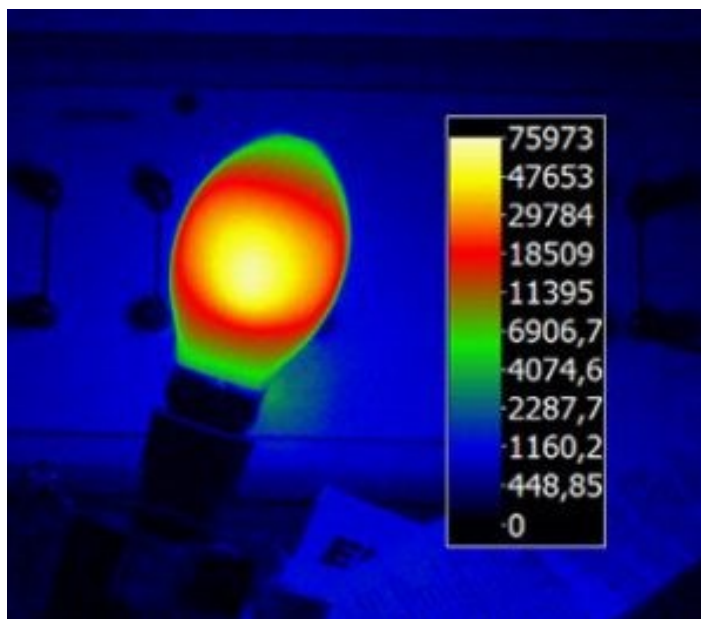
Jas není závislý na měřené vzdálenosti, ale může být závislý na úhlu pohledu. Proto je vhodné při měření umístit zařízení do polohy předpokládaného pozorovatele. Ideální je použití širokoúhlých objektivů, které pokryjí větší část v oblasti zorného pole.

Jedním z nejčastějších ukazatelů při hodnocení distribuce jasu je rovnoměrnost jasu. Jas v zorném poli by neměl být příliš nízký ani příliš vysoký ve srovnání s průměrnou hodnotou v daném úseku. Samozřejmě že musí existovat určité rozdíly v jasu, které zajišťují čitelnost a dobrou viditelnost pozorovaných detailů.

Díky technologii analyzátoru jasu je možné pozorovat i vysoce intenzivní jas zdroje světla a zaznamenávat procesy, které by obyčejným jasoměrem nebylo možné. Pomocí sekvenčního snímání je možné zaznamenat například počátek výbojového zdroje nebo vyhodnotit změny výboje ovlivněné změnou polohy výbojky. Lze však i měřit extrémní hodnoty svítivosti LED zdrojů a rozložení energie



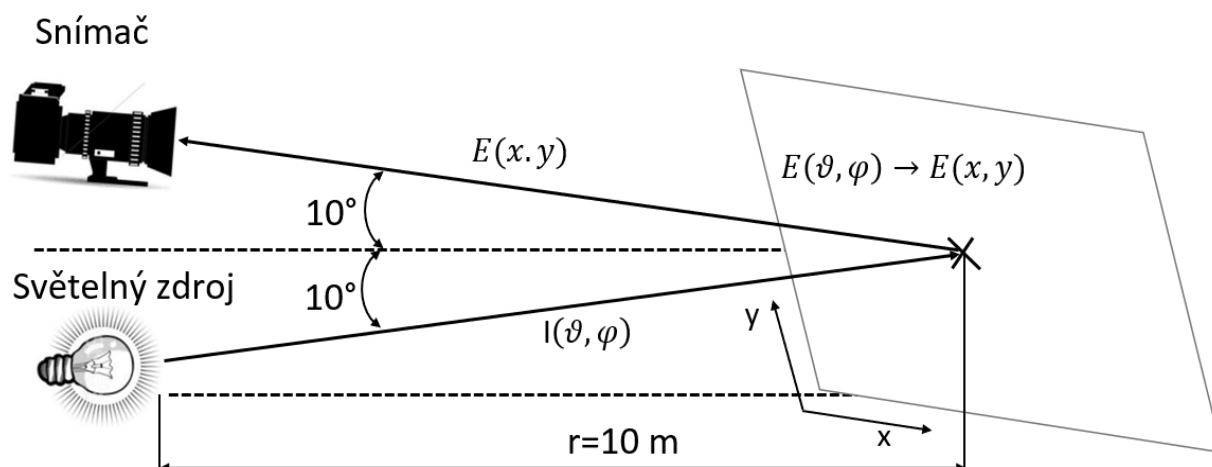
v zářivkách. Na obrázku níže je náhled, jak vypadá snímek z jasového analyzátoru při snímání zdroje světla. [12]



Obrázek 4-4 Snímek z jasového analyzátoru. [12]

#### 4.2.3 Postupy měření jasovým analyzátozem LMK

Základní úvahou při měření jasovým analyzátozem je svítidlo, které vyzařuje na vzdálenou plochu světelný tok, který na této ploše vyvolá osvětlenost. To má za důsledek vyvolání jasů, který jde prostorově měřit a jednoduše vyjádřit. Následně pomocí geometrických vztahů a změřených jasových map dopočteme požadovanou svítivost a můžeme vykreslit známé křivky svítivosti, které již byly znázorněny výše. Toto měření popisujeme jako nepřímé měření z důvodu, že je zapotřebí k výpočtům křivek svítivosti použít odraznou plochu.



Obrázek 4-5 Měření pomocí jasového analyzátozu LMK. [15]

Na obrázku 4-5 je zobrazen princip měření světlometu jasovým analyzátozem. Používaná vzdálenost při měření je od 10 m, případně i více. Pokud by se měřili menší svítidla, například LED diody, byla by tato vzdálenost menší v závislosti na svítivosti světelného zdroje.

Jestliže by byl paprsek odražený od stěny jen difusní, potom by snímáný jas nebyl funkcí přímého paprsku,

$$E(x, y, \vartheta, \varphi) = L(x, y) \neq f(\vartheta, \varphi) \quad (9)$$

ale byl by konstantní pro různé měřicí zařízení a bude směrově závislý na dané osvětlenosti  $E(x, y)$ , za pomoci korekčního faktoru  $k$ :

$$E(x, y) = L(x, y) \cdot k = f(x, y) \cdot \frac{\pi \cdot \Omega_0}{\rho} \quad (10)$$

$\rho$  – koeficient odrazu (-)

Osvětlenost lze vypočítat nejen ze svítivosti, úhlu natočení a ze změřené vzdálenosti svítidla, ale taky za pomoci světlení, které je vyjádřeno pomocí další rovnice:

$$E_{A,\rho} = \frac{M}{\rho} \rightarrow \frac{I_a \cdot \cos \alpha}{r^2} = \frac{M}{\rho} \quad (11)$$

$M$  - světlení ( $\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$ )

Pokud zanedbáme kosinovy chyby a upravíme vzorec, dostaneme rovnici pro svítivost:

$$I = \frac{L \cdot \pi \cdot r^2}{\rho} \quad (12)$$

$I$  - svítivost (cd)

$r$  - délka mezi stěnou a svítidlem

$L$  - jas ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ )

Ze vzorce č. 12 lze stanovit konstantu, pomocí které když vynásobíme změřený jas přímo z jasové mapy z jasového analyzátoru dostaneme svítivost pro izokandelový diagram. [15]



## 5 Požadavky na vyhodnocení vibrací automobilových světlometů z jejich světelného toku

Metoda měření křivek svítivosti předních automobilových světlometů za pomoci jasového analyzátoru nesplňuje požadavky pro ověřování rozhraní podle předpisu č. R112. Jedná se však o jednodušší a výrazně rychlejší měření požadovaných vlastností světlometů při nižších požadavcích na prostor. Využívá se tehdy, když je nutné provést rychlou analýzu vlastností světlometů například při jejich vývoji.

Pro měření světelných funkcí automobilových světlometů je vymezena jedna část budovy zvaná HARD v prostorách Vysoké školy Báňské, Technické univerzity v Ostravě. Laboratoř je vybavena potřebným vybavením, jako je goniofotometr, jasový analyzátor či kulový integrátor. Také se v laboratoři nachází odrazná měřicí stěna, která byla použita při měření. Druhá část budovy je vyhrazena pro měření vysokého napětí.

Měřicí stěna pro automobilové světlometry měla zakulacený tvar o poloměru 10 m a její šířka se rovná 30° kruhové výseči. Výška měřicí stěny je 3 m. Povrch stěny je natřen speciální difuzní barvou. Světlomet byl zaměřen, aby svítil do středu měřicí stěny. Jelikož se jedná o stěnu s difuzními vlastnostmi, nemělo by velkou chybu způsobit umístění jasového analyzátoru, který byl umístěn nad měřený světlomet.

Pro získání jasové mapy je zapotřebí použít sériového snímání třech snímků s různou časovou délkou expozice. Pro pořízení snímků je použit jasový analyzátor LMK EOS 450D s velikostí objektivu 18-50 mm. Po pořízení snímku je další úprava a zpracování prováděna v programu LabSoft, kde je možné zjistit hodnoty jasu pro jakékoliv místo na stěně. Pokud si však přizpůsobíme měřítko stěny a měřítko v programu je možné zaměřit přesně požadované body dle předpisu č. R112 a porovnat jejich správnost.

### 5.1 Nastavení jasového analyzátoru

Nejprve jsme před měřením nastavili jasový analyzátor podle kalibračního manuálu. Manuál nám také říká, s jakou jistotou provádí zaznamenávání dat. Následně byl proveden postup nastavení:

1. Vybrání vhodného objektivu, v tomto případě byl použit krátký objektiv, který má rozmezí 15 - 50 mm.
2. Přepnutí z automatického do manuálního režimu.
3. Nastavení délky expozice v rozsahu 1/100 až 3 sec podle kalibračního manuálu.
4. Použitá clona byla F4-F11.
5. Přepnutí formátu pro ukládání fotografií na RAW.
6. Zapnutí funkce Auto Focus.
7. Nastavení modu AEB (automatická expozice) -2..1..0..1..+2.
8. Zapnutí sériového snímání po třech fotkách, pro lepší zachycení jasu.
9. Ustavení jasového analyzátoru do vodorovné polohy.

Po úspěšném nastavení všech bodů je jasový analyzátor připraven k měření.



Obrázek 5-1 Jasový analyzátor LMK EOS 450D.

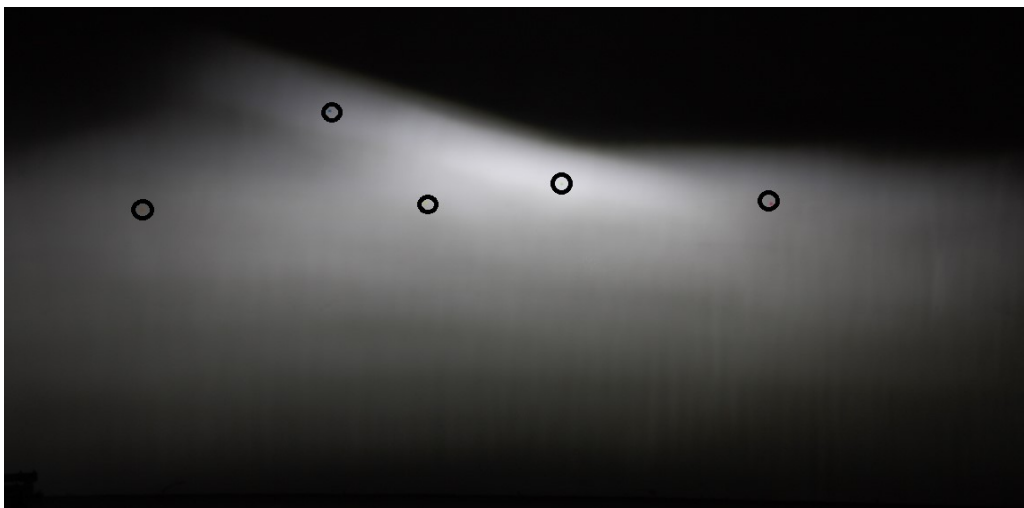
Důležitý prvek v nastavení jasového analyzátoru je hodnota expozice. Pokud bychom nastavili hodnoty ručně, mohlo by dojít k přeexponování snímku a další práce s ním by již nebyla možná. Proto bylo použito automatické posouvání a expozice AEB.

## 5.2 Ověření vlastností měřicí stěny

Jeden z nejdůležitějších parametrů pro správné vyhodnocení měření je odraznost stěny. Jedná se o koeficient odrazu, který je vždy požadován, pokud chceme určit svítivost v daném bodě za pomoci změření jasů a osvětlenosti v jednom místě. Odraznost se pohybuje od 0-1 přičemž 0 je absolutně černé těleso které nic neodráží a vše pohltí.

Osvětlení stěny bylo realizováno LED světlometem s širokou vyzařovací charakteristikou. Světlomet byl od stěny vzdálen 9,76m. Stěna je postavena do oblouku, aby každé místo na stěně bylo stejně vzdálené.

Měření bylo provedeno pro 5 náhodně zvolených bodů na stěně a následně byl změřen jas v blízkém okolí kolem všech bodů pro vyšší přesnost měření, které se následně zprůměrovaly. Stejnou metodou byla také změřena osvětlenost. Pro zpřesnění a zkontrolování měření jsme jas naměřili dvakrát, jednou pomocí jasoměru ručně a podruhé pomocí jasového analyzátoru. Hodnoty jsme pak porovnali mezi sebou. Všechny 5 hodnot vyšlo téměř stejně takže můžeme brát oba přístroje za velmi spolehlivé co se týče měření jasů. Názorné umístění měřených bodů na stěně je na obrázku 5-2.



Obrázek 5-2 Ukázka zakreslených bodů.

Tab.7 – Tabulka naměřených hodnot a výpočtů

Ruční jasoměr L (cd/m²)	LMK L (cd/m²)	E (lx)	Ruční jasoměr ρ (-)	LMK ρ (-)
19.3	18.7	61.3	0.99	0.96
27.7	27.3	90.4	0.96	0.95
60.7	59.1	197.2	0.97	0.94
97.9	100.8	332.8	0.92	0.95
31.8	31.9	106.1	0.94	0.95

Příklad výpočtu odraznosti měřicí stěny:

Pro ruční jasoměr

$$\rho = \frac{L \cdot \pi}{E} \cdot 100 = \frac{27,7 \cdot \pi}{90,4} \cdot 100 = 96,3\% \quad (13)$$

Pro jasový analyzátor LMK

$$\rho = \frac{L \cdot \pi}{E} \cdot 100 = \frac{27,3 \cdot \pi}{90,4} \cdot 100 = 95\% \quad (14)$$

Odraznosti jsou vyhodnoceny v tabulce výše, ty jsem zprůměroval, abych dostal nějakou reálnou hodnotu odraznosti, některé jsou však moc vysoké a některé nízké, to je vše ovlivněno měřením. Hodnoty pro bílou barvu jsou obecně považovány od 0,78 – 0,88. Výsledná hodnota pro další výpočty byla výpočtem stanovena na 0,96. Tato hodnota je takto vysoká, díky tomu, že je stěna natřena speciální difuzní barvou.

Použité přístroje k výpočtu odraznosti jsou ukázány níže.



Obrázek 5-3 Zleva - Jasoměr LS-100, Radiolux 111.

### 5.3 Praktické měření LED světlometu VW

Začali jsme umístěním a připevněním měřeného světlometu k otočné konzoli. Nad ním byl umístěn jasový analyzátor ke snímání. Vzdálenost měřicí stěny jsme přesně změřili laserovým metrem na 9,76 m. Ke světlometu jsme připojili stejnosměrný zdroj, který dodával při měření 13,5 V a 2,4 A. Po uvedení světlometu do chodu, jsme světlomet přibližně nastavili tak, aby byl ohyb uprostřed měřicí stěny.



Následně jsme nastavili jasový analyzátor podle bodu 5.1, zhasli všechny světla v místnosti a zatemnili ji, aby nedošlo k nežádoucím odrazům, které by mohli ovlivňovat měření světlometu. Na jasovém analyzátoru jsme zapnuli foto-sekvenci, která nám zachytila několik snímků pro pozdější vyhodnocení. Veškeré vyhodnocování jasové mapy světlometu probíhalo v programu LMK Labsoft, který je primárně určen k použitému jasovému analyzátoru. Na obrázku 5-4 je ukázka z měření jasové analýzy světlometu.



Obrázek 5-4 Znáznornění měření.

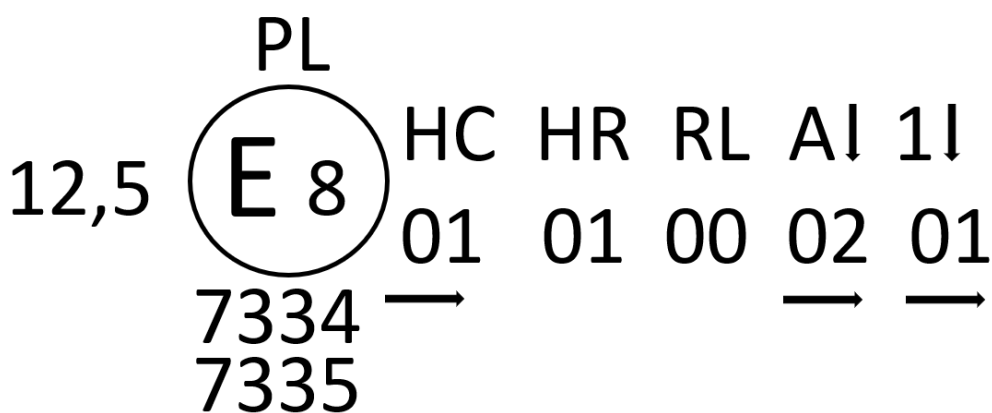
## Světloomet značky Volkswagen

Měřený světlomet je zobrazen na obrázku níže. Jedná se o levostranný světlomet značky Volkswagen dodaný pro měření od firmy HELLA a.s.



Obrázek 5-5 Měřený světlomet LED.

Světloomet je homologovaný v České republice (E8) podle předpisu č. R112. Číslo homologace je 7334 a 7335, které vyhovují podle tohoto předpisu sérii změn 01. Potkávací světlomet je konstruován pro levostranný provoz. Jedná se o světlomet třídy B. V světlometu je umístěn potkávací světelný zdroj, také dálkový a světelný zdroj pro denní svícení. Maximální svítivost dálkových světel pro tento světlomet je 48 375 až 64 500 cd (jak nám udává číslice 12,5). Čárový kód světlometu je \*0120345300011876AC11S\* Značku homologace jsem překresloval, z důvodu špatné dostupnosti štítku na světlometu.



Obrázek 5-6 Značka homologace měřeného světlometu.

## 5.4 Měření požadovaných bodů dle předpisu pro asymetrické světlometry LED

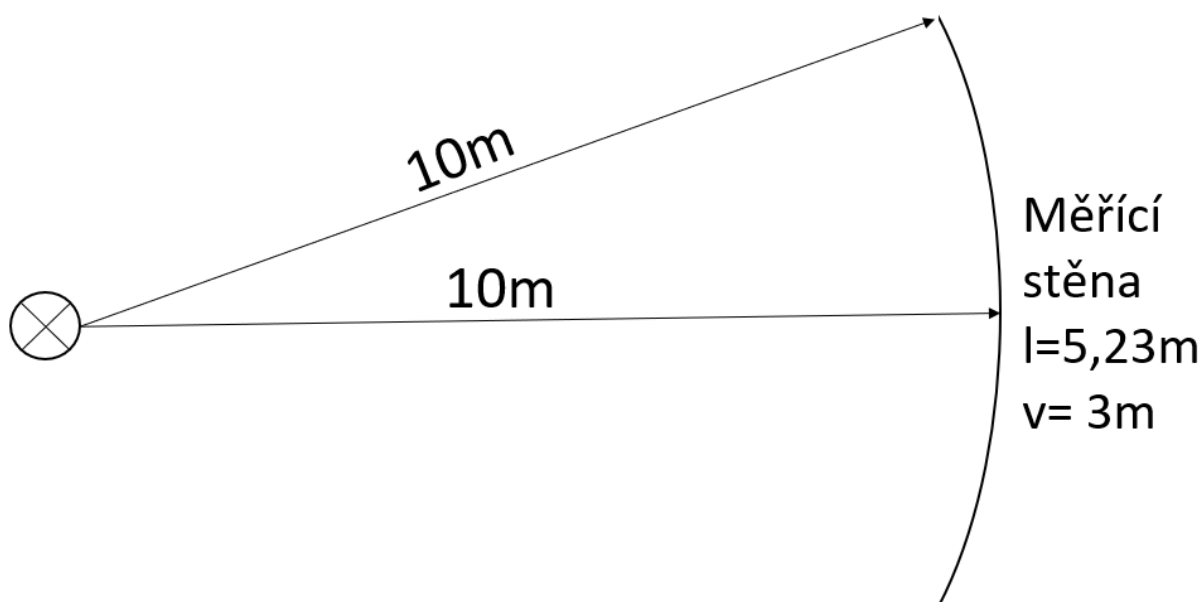
Změřené hodnoty potkávacího LED světlometu

Elektrické hodnoty světlometu při měření:

- $U = 13,5 \text{ V}$
- $I = 2,4 \text{ A}$

Abychom mohli začít vyhodnocovat požadované svítivosti podle předpisu musíme nejprve zjistit změřené jasy ve vyznačených bodech a následně je přepočíst na svítivosti.

Pro nalezení požadovaných bodů je nutné mít změřenou velikost stěny a vzdálenost ze které se měřilo. Následně přepočítat kolik stupňů se vyskytuje na stěně viz obrázek níže a určit tak velikost jednoho stupně, který je při zaměřování bodů v programu Labsoft nutný.



Obrázek 5-7 Nákres při měření světlometu.

Výpočty pro zjištění požadovaných bodů v programu Labsoft:

Nejprve si musíme vypočíst celý kruh, jako by byla stěna kolem dokola,

$$o = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 9,76 = 61,3m \quad (15)$$

Následně si z celkového obvodu a změřené velikosti stěny dopočteme, že délka stěny se rovná na stupně  $s=30,7^\circ$ ,

$$s = \frac{l \cdot 360}{o} = \frac{5,23 \cdot 360}{61,3} = 30,7^\circ \quad (16)$$

Pomocí úhlu už jsi jen vypočteme, kolik je jeden stupeň na měřicí stěně,

$$1s = \frac{l}{s} = \frac{5,23}{30,7} = 0,17m = 17 \text{ cm} \quad (17)$$

- s - stupně na měřicí stěně
- r - vzdálenost světelného zdroje od měřicí stěny
- l - délka měřicí stěny viz obr. 5-7
- 1s - jeden stupeň na měřicí stěně

K nalezení bodů si už stačí nahrát jasovou mapu do programu Labsoft a pomocí předpisu přibližně nastavit přímký h-h a v-v. Pomocí poměru velikosti stěny a velikosti stěny v programu nalezneme příslušné body pomocí úhlů, jak udává daný předpis. Odečtené hodnoty jasů si následně přepočteme na svítivosti pomocí vzdálenosti a odraznosti stěny. Odraznost stěny jsme použili z předešlého měření měřicí stěny.

$$I = \frac{L \cdot \pi \cdot r^2}{\rho} = \frac{0,947 \cdot \pi \cdot 9,76^2}{0,96} = 295 \text{ cd} \quad (18)$$

Už vypočtené hodnoty v tabulce 8 nám ukazují, jestli spadají do mezí podle předpisu. Některé body jsou požadovány na minimální svítivost nebo maximální. Odlišné je to pro body v tabulce 9. Tam je požadováno, aby součet tří bodů v dané oblasti přesáhl danou minimální svítivost, což bylo splněno. Příklad je uveden pro bod B50R v tabulce 8.

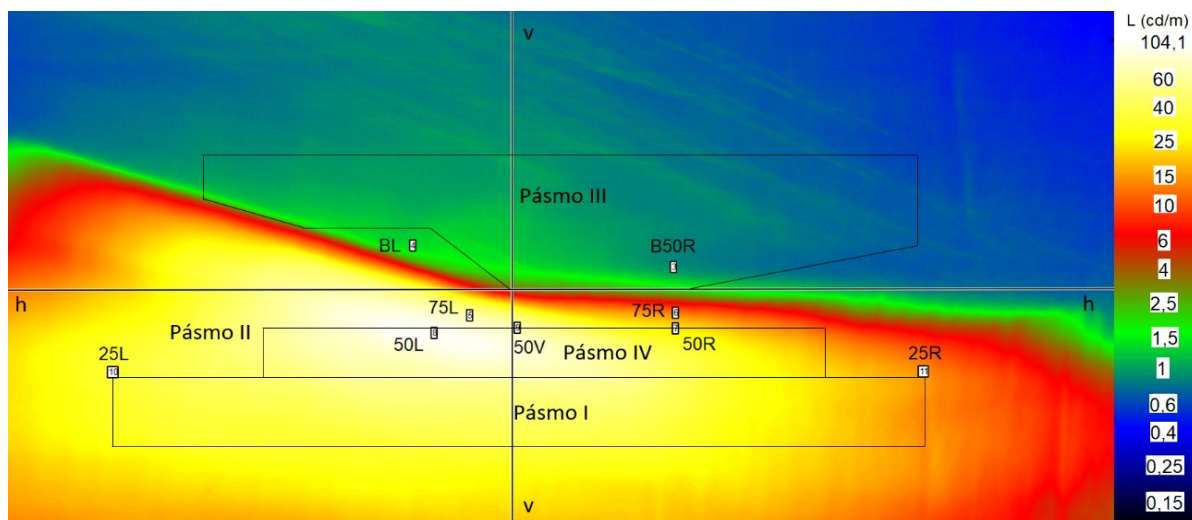
V tabulce č. 8 jsou požadované a také naměřené hodnoty dle předpisu č. R112 pro asymetrické potkávací LED světlomety.



Tab.8 – Tabulka naměřených hodnot

Světlomety pro levostranný provoz								Světlomet třídy B		
Označení zkušebního bodu				Úhlové souřadnice zkušebního bodu – stupně				Požadovaná svítivost (cd)		Naměřená svítivost (cd)
								maximální	minimální	
B 50 R				0,57 U, 3,43 L				350		295
BL				1,0 U, 2,5 R				1 750		443
75 L				0,57 D, 1,15 R					10 100	21 702
75 R				0,57 D, 3,43 L				10 600		4175
50 R				0,57 D, 3,43 L				13 200		7580
50 L				0,86 D, 1,72 R					10 100	31 870
50 V				0,86 D, 0					5 100	21 589
25 R				1,72 D, 9,0 L					1 700	4 698
25 L				1,72 D, 9,0 R					1 700	10 745
Kterýkoliv bod v pásmu III (vymezený těmito souřadnicemi ve stupních)								625		302
8 L	8 L	8 R	8 R	6 R	1,5 R	V-V	4 L			
1 U	4 U	4 U	2 U	1,5 U	1,5 U	H-H	H-H			
Kterýkoliv bod v pásmu IV (0.86 D až 1,72 D, 5,15 L až 5,15 R)									2 500	25 614
Kterýkoliv bod v pásmu I (1,72 D až 4 D, 9 L až 9 R)								<2I		14 059
Písmeno L znamená, že bod se nalézá nalevo od přímky V-V.										
Písmeno R znamená, že bod se nalézá napravo od přímky V-V.										
Písmeno U znamená, že bod se nalézá nad přímkou H-H.										
Písmeno D znamená, že bod nebo segment se nalézá pod přímkou H-H.										

Na obrázku č. 5-8 jsou zakresleny body z tabulky 8 a také pásma I, II, III a IV, které odpovídají předpisům v teoretické části. Pásmo II značí okolní oblast, tam kde se nenalézají žádné požadované body z předpisu.



Obrázek 5-8 Normativní zakreslení měřených bodů do jasové mapy z LMK.

Tab.9 – Tabulka dalších naměřených hodnot dle předpisu

Světlomety pro levostranný provoz			
Zkušební bod	Úhlové souřadnice	Požadovaná Min	Naměřená
	Stupně (°)	svítivost (cd)	svítivost (cd)
1	4U, 8R	Body 1 + 2 + 3	257
2	4U, 0	190	295
3	4U, 8L		207
4	2U, 4R	Body 4 + 5 + 6	271
5	2U, 0	375	351
6	2U, 4L		355
7	0, 8R	65	304
8	0, 4R	125	551

## 5.5 Postup a vyhodnocení měření

Z měření získané jasové mapy analyzujeme za pomoci programu Labsoft, který je určen přímo pro námi použitý jasový analyzátor. Sekvence snímků je uložena ve formátu RAW, která má v tomto případě příponu CR2. Snímky jsou použity bez jakýchkoliv úprav. Obsahují všechny hodnoty jasu pro jednotlivý pixel zvlášť. Po instalaci programu je nutné vložit kalibrační data pro daný jasový analyzátor, a také je nutné vybrat typ objektivu, který byl při měření použit. Tímto je program připraven na načtení jasové mapy. Vyfotografované snímky se musí načítat v programu jako sekvence snímků, protože při záznamu bylo rovněž použito fotografování více snímků najednou.

Pokud jsme vše udělali správně, otevře se nám snímek v programu v černobílých barvách. Je proto nutné nastavit barevné rozlišení, které jde vybrat od lineárního až po logaritmické se základem 7. Základ logaritmické osy byl zvolen na hodnotu 3. Bylo to z důvodu ideálního rozlišení barev mezi světle a tmou, a tím taky lepší rozlišení různé velikosti jasů. Na takto připraveném snímku je nyní nutné zaměřit křivky „h-h“, a pak „v-v“ pomocí „new line“. To bylo provedeno ručně podle teoretické části a podle obr. 2-9. Následně bylo zjištěním poměru měřicí stěny a stěny v programu zakresleny požadované body potřebné k vyhodnocení světlometu podle předpisu č. R112. Ty byly ručně zjišťovány pomocí přepočtených stupňů na délku. Následným přepočtem získaných jasů z jasové mapy dostaneme svítivosti a pak už je jen porovnáme s daným předpisem.

### Vyhodnocení

Vyhodnocovaný světlomet nám podle výpočtu vyhovuje ve všech požadovaných bodech. Vyšší jasy lze vidět v pásnu IV, ale i ty spadají do požadovaných hodnot dle předpisu. Chyby mohou být způsobeny tím, že zjištěné jasy byly přepočítány pomocí zjištěné odraznosti, která nám nezaručuje úplnou přesnost, z důvodu možné nepřesnosti měření při kalibrování měřicí stěny. Další zkušební body v tabulce č. 9 se taktéž vejdu do požadovaných mezí, avšak tyto meze jsou omezeny pouze spodní hranicí, nikoli horní, takže i kdyby byla někde větší svítivost, naplnily by se požadavky daného předpisu.

## 6 Měření vibrací automobilového světlometu na základě kolísání světelného toku

### 6.1 Vyhodnocení posunu křivky svítivosti o 2° nahoru

Změřené hodnoty potkávacího LED světlometu

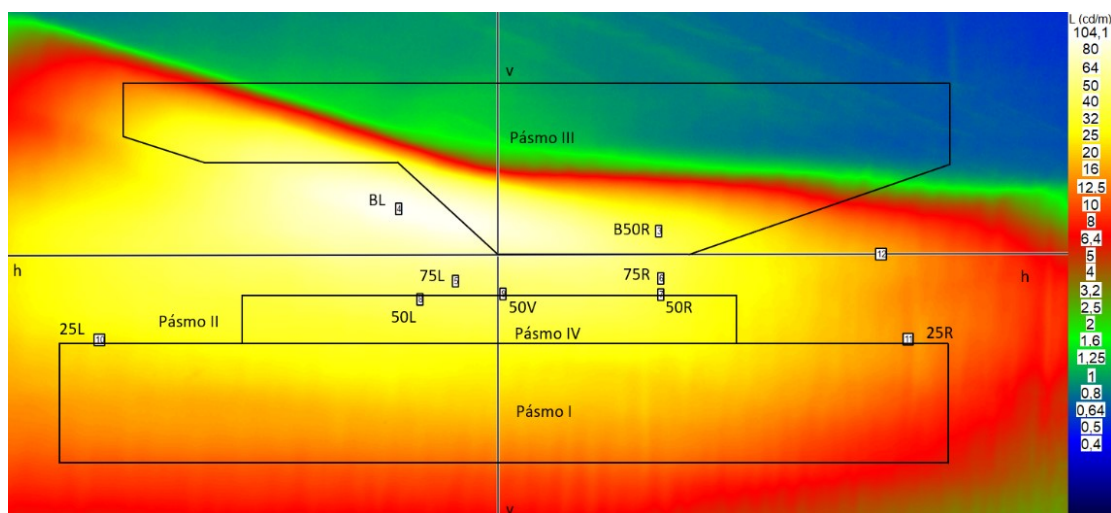
Elektrické hodnoty světlometu při měření:

- $U = 13,5 \text{ V}$
- $I = 2,4 \text{ A}$

Pro měření byl použit totožný světlomet blíže popsany v bodě číslo 5. Na základě předpisu č. R112 budeme vyhodnocovat normativní požadavky na světlomet při vibracích. A také vyhodnocovat oslňující body nebo body kde nebude dostatečná svítivost světlometu.

Pro vyhodnocení statických vibrací bylo použito naměřených jasových map z předchozího měření.

V programu Labsoft jsme si zaměřili a nastavili normativní střed pro automobilový světlomet. Následně jsme zaměřený střed posunuli o 2° dolů. Tento posun je totožný, stejně, jako bychom světlomet při měření naklonili o 2° nahoru a následně vzali původně zaměřený normativní střed v bodě 5 a v programu prohodili sekvenci snímků za nově změřené snímky při 2° náklonu nahoru. Ukázka vyhodnocovaných normativních bodů při posunu je na obrázku 6-1.



Obrázek 6-1 Normativní zakreslení měřených bodů při posunutí světlometu o 2° nahoru.

Přepočty získaných jasů z jasových map na svítivost je totožné jako v předchozím bodě. Zaměříme se tedy rovnou na vyhodnocování normativních bodů. V tabulce níže vidíme naměřené hodnoty a také požadované minima a maxima které udává předpis č. R112. Jelikož světlomet svítí dost omezeně podle normy, je jasné, že při vibracích hodnoty v tabulce nemůžou být splněny všechny.

Hodnoty zaznačené zelenou barvou splňují i přes náklonění světloometu daný předpis, avšak červená nám značí místa na změřené jasové mapě, kde by světloomet moc oslňoval a nebo by nesplňoval minimální svítivost.

Jak lze vyčíst z tabulky níže, světloomet, který je posunut o 2° nahoru nemá nikde nedostatečnou svítivost, což je už téměř zřejmé z předešlého obrázku 6-1.

Naopak je tomu u oslnění, jak je vidět z hodnot, tak oslňující body se nacházejí jak ve spodní části pod křivkou h-h, tak i v horní části. Z další tabulky zkušebních bodů vidíme že všechny hodnoty splňují požadavky, je to tím, že je tam pouze předepsaná minimální svítivost a ne maximální a posunem světloometu nahoru tuto oblast posunem tam, kde je svítivost ve všech pásmech vyšší.

Tab.11 – Zaznačení požadovaných hodnot pro posun nahoru

Světlometry pro levostranný provoz								Světlomet třídy B		
Označení zkušebního bodu				Úhlové souřadnice zkušebního bodu – stupně				Požadovaná		Naměřená
								svítivost (cd)		svítivost (cd) 2° nahoru
								maximální	minimální	
B 50 R				0,57 U, 3,43 L				350		12 570
BL				1,0 U, 2,5 R				1 750		32 151
75 L				0,57 D, 1,15 R					10 100	16 119
75 R				0,57 D, 3,43 L				10 600		13 467
50 R				0,57 D, 3,43 L				13 200		12 268
50 L				0,86 D, 1,72 R					10 100	14 147
50 V				0,86 D, 0					5 100	14 751
25 R				1,72 D, 9,0 L					1 700	4 766
25 L				1,72 D, 9,0 R					1 700	8 053
Kterýkoliv bod v pásmu III								625		12 570
(vymezený těmito souřadnicemi ve stupních)										
8 L	8 L	8 R	8 R	6 R	1,5 R	V-V	4 L			
1 U	4 U	4 U	2 U	1,5 U	1,5 U	H-H	H-H			
Kterýkoliv bod v pásmu IV									2 500	13 190
(0.86 D až 1,72 D, 5,15 L až 5,15 R)										
Kterýkoliv bod v pásmu I								<2I		8 022
(1,72 D až 4 D, 9 L až 9 R) I = 50L,50R										

Tab.12 – Tabulka dalších naměřených hodnot při posunu nahoru

Světlomety pro levostranný provoz			
Zkušební bod	Úhlové souřadnice	Požadovaná Min	Naměřená
	Stupně (°)	svítivost (cd)	svítivost (cd)
			2° nahoru
1	4U, 8R	Body 1 + 2 + 3	3 240
2	4U, 0	190	345
3	4U, 8L		221
4	2U, 4R	Body 4 + 5 + 6	547
5	2U, 0	375	1 180
6	2U, 4L		20 041
7	0, 8R	65	5 972
8	0, 4R	125	12 766

## 6.2 Vyhodnocení posunu křivky svítivosti o 2° dolů

Změřené hodnoty potkávacího LED světlometu

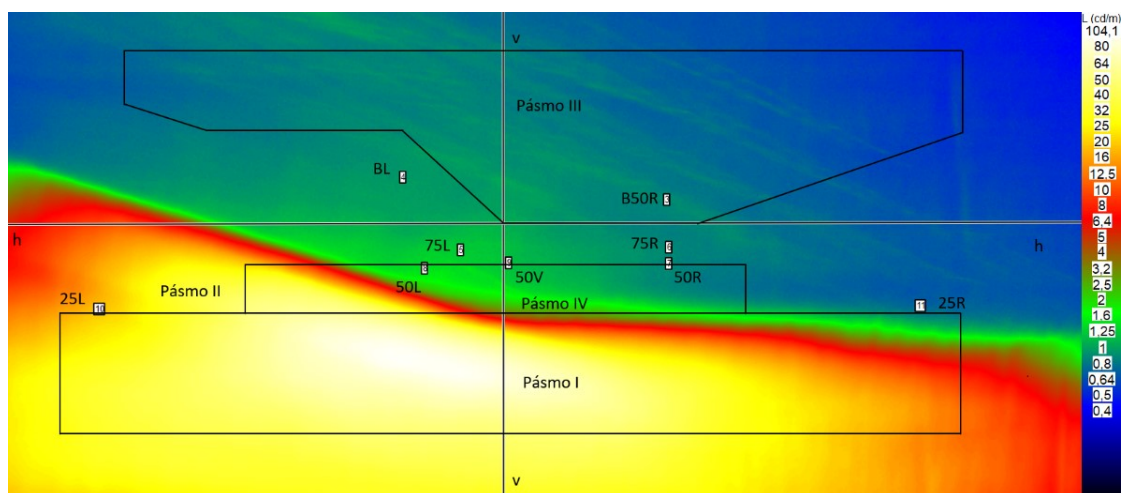
Elektrické hodnoty světlometu při měření:

- $U = 13,5 \text{ V}$
- $I = 2,4 \text{ A}$

Pro měření byl použit totožný světlomet blíže popsany v bodě číslo 5. Na základě předpisu č. R112 budeme vyhodnocovat normativní požadavky na světlomet při vibracích. A také vyhodnocovat oslňující body nebo body kde nebude dostatečná svítivost světlometu.

Pro vyhodnocení statických vibrací bylo použito naměřených jasových map z předchozího měření.

V programu Labsoft jsme si zaměřili a nastavili normativní střed pro automobilový světlomet. Následně jsme zaměřený střed posunuli o 2° nahoru. Tento posun je totožný, stejně, jako bychom světlomet při měření naklonili o 2° dolů a následně vzali původně zaměřený normativní střed v bodě 5 a v programu prohodili sekvenci snímků za nově změřené snímky při 2° náklonu dolů. Ukázka vyhodnocovaných normativních bodů je na obrázku níže.



Obrázek 6-2 Normativní zakreslení měřených bodů při posunutí světlometu o 2° dolů.

Hodnoty jsou značeny obdobně jako v předchozím bodě. Jak je vidět už z obrázku i z tabulky níže, bude se jednat při sklonu dolů o opačný jev než u náklonu nahoru. Tedy že světlomet nebude nikde oslňovat, ale budou problematické body s nízkou svítivostí. Body v tabulce ukazují, že část, která nesplňuje normativní požadavky se nachází v dolní části pod křivkou h-h. To je způsobeno tím, že se všechny tyto body posunuly do ořezu světlometu, kde by podle normy svítit moc nemělo. Další zkušební body v tabulce č. 14 splnily všechny hodnoty udávané předpisem.

Tab.13 – Zaznačení požadovaných hodnot pro posun dolů

Světlomety pro levostranný provoz								Světlomet třídy B		
Označení zkušebního bodu				Úhlové souřadnice zkušebního bodu – stupně				Požadovaná		Naměřená
								svítivost (cd)		svítivost (cd) 2° nahoru
								maximální	minimální	
B 50 R				0,57 U, 3,43 L				350		292
BL				1,0 U, 2,5 R				1 750		303
75 L				0,57 D, 1,15 R					10 100	404
75 R				0,57 D, 3,43 L				10 600		278
50 R				0,57 D, 3,43 L				13 200		276
50 L				0,86 D, 1,72 R					10 100	451
50 V				0,86 D, 0					5 100	383
25 R				1,72 D, 9,0 L					1 700	240
25 L				1,72 D, 9,0 R					1 700	5913
Kterýkoliv bod v pásmu III								625		295
(vymezený těmito souřadnicemi ve stupních)										
8 L	8 L	8 R	8 R	6 R	1,5 R	V-V	4 L			
1 U	4 U	4 U	2 U	1,5 U	1,5 U	H-H	H-H			
Kterýkoliv bod v pásmu IV									2 500	400
(0,86 D až 1,72 D, 5,15 L až 5,15 R)										
Kterýkoliv bod v pásmu I								<2I		1013
(1,72 D až 4 D, 9 L až 9 R) I = 50L,50R										



Tab.14 – Tabulka dalších naměřených hodnot při posunu dolů

Světlomety pro levostranný provoz			
Zkušební bod	Úhlové souřadnice	Požadovaná Min	Naměřená
	Stupně (°)	svítivost (cd)	svítivost (cd)
			2° dolů
1	4U, 8R	Body 1 + 2 + 3	241
2	4U, 0	190	250
3	4U, 8L		189
4	2U, 4R	Body 4 + 5 + 6	236
5	2U, 0	375	294
6	2U, 4L		269
7	0, 8R	65	222
8	0, 4R	125	269

### 6.3 Vyhodnocení statických vibrací.

Vyhodnocování statických vibrací a zjišťování požadovaných bodů na jasové mapě při posunu probíhalo prakticky stejným způsobem jako tomu bylo v předešlém bodě 5. Při vibracích bylo nejprve světlo posunuto o 2° nahoru vůči horizontální ose h-h. Z vypočtených hodnot v tabulce můžeme vidět, že ve středu zaměření a v jeho okolí dochází k nadměrné svítivosti. Rovněž je na tom i pásmo III, které jak je vidět na obr. 6-1 ohraničuje jak plochu, kde by neměla být moc velká svítivost, tak i část ořezu a taky plochu, kde má být svítivost nejvyšší. V tomto případě se můžou svítivosti v jednom pásmu výrazně lišit, což by podle předpisu nemělo nastat. Druhým stavem je posunutí měřeného světlometu o 2° dolů. Zaměřený střed jsme tedy posunuli o 2° nahoru a s tím i všechny ostatní požadované body. Narozdíl od předchozího bodu tady nedochází k žádnému oslnění v požadovaných bodech a pásmech. Světlomet nesplňuje požadavky ve spodní části pod přímkou h-h, to je dáno tím, že se tyto body přesunuli do části nad ořezem a tím pádem jsou svítivosti nedostačující. Podobně je na tom pásmo IV. V pásmu I je zaznamenána nadměrná svítivost dle tabulky, protože tohle pásmo je závislé na skutečných bodech 50L nebo 50R, které jsou velice malé oproti normální poloze v bodě 5.4.

## 7 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit a ověřit světelně technické parametry u automobilového světlometu a rovněž vyhodnotit jeho správnost podle předepsaných požadavků v předpisech. Dále byla taky zaměřena na vyhodnocení vibrací světlometu v závislosti na zjišťovaných svítivostech. Jako jeden z úkolů, bylo také naměřit a dopočíst odraznost měřicí stěny v laboratoři, která je nezbytně nutná pro výpočet svítivosti jednotlivých bodů z jasové mapy.

V první praktické části jsme řešili měření a následný výpočet odraznosti měřicí stěny. Měření probíhalo pomocí měření osvětlenosti a jasů. Osvětlenost byla měřena vždy kolem bodu a následně zprůměrována pro vyšší přesnost. Jas byl pro lepší důvěryhodnost měření měřen jak ručním jasoměrem, tak i jasovým analyzátozem. Ručním jasoměrem měření probíhalo také kolem bodu a následně byly hodnoty zprůměrovány. Pro jasový analyzátor jsme pomocí programu Labsoft našli zaznačené body na měřicí stěně a následně vyměnili snímky, kde nebyli zaznačené a odečetli požadovaný jas a v obou případech dopočetli odraznost měřicí stěny ve všech bodech. Pro ruční jasoměr jsme nám průměrná hodnota odraznosti vyšla 0,96. Pro jasový analyzátor nám vyšla 0,95. Je však nutné brát zřetel na chyby způsobené měřením a také na možný nepřesný odečet jasu z jasové mapy. Tabulky pro běžnou odraznost bílé stěny se pohybují okolo 0,78-0,88. Naše vysoké vypočtené hodnoty mohou být způsobeny také tím, že měřicí stěna je natřena speciálním difuzním nátěrem. Nicméně hodnota odraznosti byla stanovena pro další výpočty na hodnotu 0,96.

V druhé praktické části měření jsme se zaměřovali na konkrétní měření světlometu z automobilu Volkswagen, který byl obsažen v laboratorním vybavení. Světlomet byl konstruován pro přední levostranný provoz. U světlometu jsme zjišťovali a vyhodnocovali požadovanou svítivost v předepsaných bodech podle předpisu č. R112 pro potkávací světla. Po vytvoření jasových map z jasového analyzátoru následovalo nahrání snímků do programu LabSoft a postupné vyhodnocení jasu v daných bodech. Po zjištění všech bodů bylo nutné přepočítat jasy na svítivosti za pomoci odraznosti měřicí stěny, která byla změřena a vypočtena v první praktické části. Po vyhodnocení všech požadovaných bodů a pásem dle předpisu můžeme říct, že světlomet by při zkoušce shodnosti výroby vyhověl. Je však nutno brát ohled na daný předpis, který nám u předepsaných bodů vyznačuje pouze jednu mez svítivosti, a to buď maximální nebo minimální, nikdy však obě v jednom bodě.

V posledním bodě praktické části jsme se zabývali statickými vibracemi měřeného světlometu. Zajímalo nás, jestli požadované body dle předpisu č. R112 budou nadále splňovat předepsané svítivosti či nikoli. Jako první příklad statických vibrací byl světlomet posunut o 2° směrem dolů. To mělo negativní vliv na některé body, zvláště na ty, které se nacházeli blízko silnému ořezu, kde se i malým posunem svítivosti výrazně změnil. Posunem nahoru tedy došlo ve střední části k nedostatečné svítivosti a nesplnění předpisu. Jako druhý příklad byl světlomet posunut od původního stavu o 2° směrem nahoru. U tohoto posunu dochází k přesně opačnému problému. Negativní vliv to má opět na místo ořezu a zaměřeného středu, kde dochází k nadměrné svítivosti, a tedy i k oslnění. Jak je tedy jasné, ani při jedné poloze při statických vibracích potkávací světlomet nesplňuje požadavky dané předpisem, a tudíž by při ověření nevyhověl.

## 8 Použité zdroje

- [1] Elektromagnetické spektrum. Dostupné z:  
<http://www.pion.cz/cs/clanek/elektromagneticke-spektrum>
- [2] Hlavní světlomet H4 Dostupné z:  
[https://www.autodoc.cz/autodily/svetlomet\\_hlavni-10533/vw/polo/polo-van-6r/121181-1-2-tsi](https://www.autodoc.cz/autodily/svetlomet_hlavni-10533/vw/polo/polo-van-6r/121181-1-2-tsi)
- [3] *Vývoj a konstrukce světlometů ŠKODA AUTO a.s.* [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/20229404-Vyvoj-a-konstrukce-svetlometu-skoda-auto-a-s.html>
- [4] FABIAN, Michael a Jana FABIANOVÁ. *Vývoj automobilových reflektorů a bezpečnost jízdy v noci*. 2011. Dostupné z:  
<http://www.bozpinfo.cz/win/josra/josra-02-2011/auto-reflektory.html>
- [5] *Halogenové žárovky* Dostupné z: <https://www.alracing.cz/halogenove-zarovky-h4-12v-55w-lumitec-130-2-ks/?mena=2>
- [6] *Xenonová výbojka* Dostupné z: <https://www.mjakes.cz/xenonove-vybojky/1939-bmw-xenonova-vybojka-d2s-starline-35w-rady-1-3-4-5-6-7-xz-0880847679009.html>
- [7] *The difference between Halogen, Xenon and LED headlights*. Dostupné z: <https://www.mjakes.cz/xenonove-vybojky/1939-bmw-xenonova-vybojka-d2s-starline-35w-rady-1-3-4-5-6-7-xz-0880847679009.html>
- [8] [7] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [9] DOHODA O PŘIJETÍ JEDNOTNÝCH TECHNICKÝCH PRAVIDEL PRO KOLOVÁ VOZIDLA – Předpisy č. R08, R98, R112, R113, R128
- [10] HELLA, Group. Matrix LED system by HELLA. In: [online]. 2019 [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=xYSix5r38qY>
- [11] Maticové světlometry - výhoda tohoto typu osvětlení: [online]. 2019 [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <https://oborudow.ru/cs/transmissiya/matrichnye-fary-matrichnye-fary-preimushchestvo-dannogo-vida-svetotekhniki/>
- [12] Golden AMPER 2019 and Light and Building 2020 invitation: [online]. 2020 [cit. 2020-01-04]. Dostupné z: <http://www.lumidisp.eu/>
- [13] NÁLEVKA, Lukáš. *Software na vytvoření jasové mapy z digitální fotografie*. Brno, 2015. Diplomová práce. VUT Brno.

- [14] SCHWANENGEL, Ch. *Comparison of techniques for measuring luminous intensity distribution overall and across segments*. In: *TechnoTeam* [online]. Srpen.2010[cit.2015-02-25].Dostupné z:[http://www.technoteam.de/apool/tnt/content/e6009/e6311/e5983/pb\\_download5985/LID\\_Measurements\\_eng.pdf](http://www.technoteam.de/apool/tnt/content/e6009/e6311/e5983/pb_download5985/LID_Measurements_eng.pdf)
- [15] SOKANSKÝ, Karel, Tomáš NOVÁK a Petr ZÁVADA. Nový přístup k měření křivek svítivosti návěstidel na přistávacích drahách letišť. *Lumen*. 2012.
- [16] Technoteam – LMK mobile air: [online]. 2020 [cit. 2020-01-04]. Dostupné z: [https://www.technoteam.de/produktuebersicht/lmk/produkte/lmk\\_mobile\\_air/index\\_ger.html](https://www.technoteam.de/produktuebersicht/lmk/produkte/lmk_mobile_air/index_ger.html)
- [17] BABJÁK, Martin. *Měření vyzařování nevizuálních světelných zdrojů*. Ostrava, 2018. Bakalářská práce. VŠB-TUO.
- [18] KONEČNÝ, Martin. *Optimalizace projekčního světlometu ve firmě Varroc Lighting Systems*. Ostrava, 2018. Diplomová práce. VŠB-TUO.

## Seznam symbolů a zkratek

Zkratka	Popis	Jednotka
A	plocha	[m <sup>2</sup> ]
E	osvětlenost	[lx]
L	jas	[cd.m <sup>-2</sup> ]
I	svítivost	[cd]
<sub>M</sub>	světlení	[lm.m <sup>-2</sup> ]
$\lambda$	vlnová délka	[nm]
r	poloměr	[m]
$\phi$	světelný tok	[lm]
I	proud	[A]
U	napětí	[V]
$\rho$	odraznost	[-]
LED	Light Emitting Diod	
AEB	Auto Exposure Brecketing	
RAW	název formátu	